

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA ESTATAL DEL CARCHI



FACULTAD DE INDUSTRIAS AGROPECUARIAS Y CIENCIAS AMBIENTALES

CARRERA DE ALIMENTOS

Tema: **“Efecto de la sustitución parcial de harina de trigo por harina de avena y almidón de papa sobre las propiedades fisicoquímicas, sensoriales y reológicas de un pan tipo molde”**

Trabajo de Integración Curricular previo a la obtención del
título de Ingenieras en Alimentos

AUTORAS: García Landázuri Jacqueline Alexandra
Guamá Puenayán Edith Jacqueline

TUTOR: MSc. Jácome Lema Edwin Alexander

Tulcán, 2026.

CERTIFICADO DEL TUTOR

Certifico que las estudiantes García Landázuri Jacqueline Alexandra y Guamá Puenayán Edith Jacqueline con el número de cédula 0401989447 y 0402123087 respectivamente han desarrollado el Trabajo de Integración Curricular: "Efecto de la sustitución parcial de harina de trigo por harina de avena y almidón de papa sobre las propiedades fisicoquímicas, sensoriales y reológicas de un pan tipo molde".

Este trabajo se sujeta a las normas y metodología dispuesta en el Reglamento de la Unidad de Integración Curricular, Titulación e Incorporación de la UPEC, por lo tanto, autorizo la presentación de la sustentación para la calificación respectiva

MSc. Edwin Alexander Jácome Lema

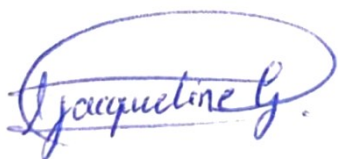
TUTOR

Tulcán, julio de 2026

AUTORÍA DE TRABAJO

El presente Trabajo de Integración Curricular constituye un requisito previo para la obtención del título de Ingenieras en la Carrera de alimentos de la Facultad de Industrias Agropecuarias y Ciencias Ambientales

Nosotras, García Landázuri Jacqueline Alexandra y Guamá Puenayán Edith Jacqueline con cédula de identidad número 0401989447 y 0402123087 respectivamente declaramos que la investigación es absolutamente original, auténtica, personal y los resultados y conclusiones a los que hemos llegado son de nuestra absoluta responsabilidad.



García Landázuri Jacqueline Alexandra

AUTORA



Guamá Puenayán Edith Jacqueline

AUTORA

Tulcán, julio de 2026

ACTA DE CESIÓN DE DERECHOS DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

Nosotras, García Landázuri Jacqueline Alexandra y Guamá Puenayán Edith Jacqueline declaramos ser autoras de los criterios emitidos en el Trabajo de Integración Curricular: "Efecto de la sustitución parcial de harina de trigo por harina de avena y almidón de papa sobre las propiedades fisicoquímicas, sensoriales y reológicas de un pan tipo molde" y se exime expresamente a la Universidad Politécnica Estatal del Carchi y a sus representantes de posibles reclamos o acciones legales.

García Landázuri Jacqueline Alexandra

AUTORA

Guamá Puenayán Edith Jacqueline

AUTORA

Tulcán, julio de 2026

AGRADECIMIENTO

Queremos expresar nuestro más profundo agradecimiento a Dios, por darnos la vida, la salud, la fortaleza y la sabiduría necesarias para culminar esta importante etapa de nuestras vidas. Gracias por acompañarnos en cada momento, iluminar nuestro camino y no permitirnos rendirnos ante las dificultades.

A nuestra querida Universidad Politécnica Estatal del Carchi, por abrirnos sus puertas y permitirnos formarnos profesional y personalmente. Gracias a cada docente y persona que fue parte de este proceso de aprendizaje y crecimiento.

A nuestros padres, por ser nuestro mayor apoyo, por sus sacrificios, consejos y amor incondicional. Gracias por estar siempre con nosotras en las buenas y en las malas, impulsándonos a seguir adelante y creer en nosotras incluso cuando dudábamos. A nuestros hermanos, por motivarnos constantemente y brindarnos su cariño y apoyo durante este camino.

Expresamos también nuestro sincero agradecimiento a nuestro tutor de tesis, el MSc. Alexander Jácome, por su paciencia, orientación y conocimientos compartidos durante el desarrollo de esta investigación. Su apoyo fue fundamental para culminar este trabajo.

De igual manera, queremos agradecer al PhD. Francisco Domínguez, por su apoyo, guía y acompañamiento durante el desarrollo de nuestra tesis. Sus conocimientos y recomendaciones fueron de gran ayuda para fortalecer esta investigación y alcanzar nuestras metas académicas.

Jacqueline García y Edith Guamá

DEDICATORIA

Dedico este trabajo de tesis, en primer lugar, a Dios, por bendecirme, darme fortaleza y acompañarme en cada paso de este camino, incluso en los momentos más difíciles.

A mis queridos padres, Byron y Patricia, por su amor incondicional, sus sacrificios y por estar siempre apoyándome tanto en las buenas como en las malas. Gracias por creer en mí y ser mi mayor ejemplo de esfuerzo y perseverancia.

A mis hermanos, Santiago, Danny y Alejandro, por motivarme constantemente a seguir estudiando y nunca rendirme. Su apoyo y cariño han sido fundamentales en mi vida.

A mi amado hijo Martín, quien se convirtió en mi mayor inspiración y la fuerza que necesitaba para continuar cuando sentía que ya no podía más. Gracias por darle sentido a cada uno de mis esfuerzos.

A mis abuelitos que hoy están en el cielo; aunque ya no estén físicamente conmigo, los extraño profundamente y llevo siempre su amor y recuerdos en mi corazón.

A mi amiga Mishel Guacas gracias por haber sido parte de esta importante etapa de mi vida, por cada anécdota, cada risa, cada conversación y cada momento inolvidable que compartimos juntas.

Y de manera muy especial, a mi alma gemela, Jacqueline García, gracias por nunca soltarme de la mano, por ayudarme en todo momento, por tu amor, paciencia y apoyo incondicional durante este proceso. Gracias por permanecer a mi lado incluso en los días más difíciles.

Con todo mi cariño y gratitud, dedico este logro a cada una de las personas que formaron parte de este sueño.

Edith Guamá

Con todo mi corazón, dedico este logro primeramente a Dios, por nunca abandonarme, por guiarme incluso en los momentos más difíciles y por demostrarme que sus planes siempre fueron mejores que los míos.

A mi mamá Susana y a mi hermana Carolina, quienes han sido mi apoyo incondicional en cada etapa de mi vida. Gracias por creer en mí, por impulsarme cuando el cansancio quería vencerme y por acompañarme con amor durante este largo camino. Este logro también es suyo, porque sin ustedes nada de esto hubiera sido posible.

A mi abuelita Lucía, porque, aunque la vida no nos permitió compartir este momento juntas, siempre estuvo para cuidarme y acompañarme con mucho amor y por dejar momentos tan bonitos guardados en mi corazón.

A mis amigas Tati, Made, Pao y Misha por compartir conmigo tantos momentos, risas, preocupaciones y sueños durante esta etapa tan importante. Y de manera muy especial, a mi querida Edith, porque sin ella este camino no habría sido igual. Gracias por tantas anécdotas, cada esfuerzo compartido, cada palabra de ánimo y por todo lo que vivimos juntas en la universidad. Porque incluso en los días más difíciles, cuando sentíamos que ya no podíamos más, nunca dejamos de sostenernos la una a la otra. Qué bonito haber coincidido contigo en esta etapa de mi vida.

Jacqueline García

ÍNDICE

RESUMEN.....	13
ABSTRACT	14
INTRODUCCIÓN	15
I. EL PROBLEMA.....	17
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	17
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	20
1.3. JUSTIFICACIÓN.....	20
1.4. OBJETIVOS Y PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN	23
1.4.1. Objetivo General	23
1.4.2. Objetivos Específicos	23
1.4.3. Preguntas de Investigación	23
II. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA	25
2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN	25
2.2. MARCO TEÓRICO	26
2.2.1. Cereales y harinas.....	26
2.2.2. Harina de trigo	27
2.2.3. Harina de avena.....	28
2.2.4. Almidón de papa	29
2.2.5. Gluten	29
2.2.6. Pan tipo molde.....	30
2.2.7. Sustitución parcial de harina de trigo	31
2.2.8. Propiedades fisicoquímicas	32
2.2.9. Propiedades reológicas	34
2.2.10. Propiedades sensoriales	34

2.2.11. Propiedades microbiológicas	35
III. METODOLOGÍA	36
3.1. ENFOQUE METODOLÓGICO	36
3.1.1. Enfoque	36
3.1.2. Tipo de Investigación.....	37
3.2. HIPÓTESIS	38
3.3. DEFINICIÓN Y OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES.....	38
3.3.1. Definición de las variables	38
3.3.2. Operacionalización de las variables.....	40
3.4. MÉTODOS UTILIZADOS	42
3.4.1. Método de Análisis de Perfil de Textura (TPA) Concepto	42
3.4.2. Método Estadístico Inferencial (Diseño Completamente Aleatorizado - CRD) Concepto.....	42
3.4.3. Método de Comparación de Medias Múltiples (Prueba HSD de Tukey) Concepto.....	42
3.4.4. Proceso de elaboración del pan tipo molde.....	43
3.4.5. Mediciones experimentales	43
3.4.6. Técnicas	45
3.4.7. Recursos.....	45
3.5. ANÁLISIS ESTADÍSTICO	47
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	50
4.1. RESULTADOS	51
4.1.1. Evaluación estadística y fisicoquímica de las mezclas de harinas	51
4.1.2. Evaluación estadística y fisicoquímica del pan (producto terminado)	54
4.1.3. Evaluación de las propiedades mecánicas de textura (TPA) en el pan....	58
4.1.4. Análisis microbiológico del pan.....	61
4.1.5. Comportamiento reológico de las masas mediante Mixolab	61

4.1.6. Evaluación sensorial y aceptabilidad afectiva del pan de molde.....	65
4.2. DISCUSIÓN	67
V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	73
5.1. CONCLUSIONES	73
5.2. RECOMENDACIONES	74
VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	75
VII. ANEXOS.....	77

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Tipos de harinas utilizadas en panificación	27
Tabla 2. Composición nutricional de harinas utilizadas en panificación por 100 g	32
Tabla 3. Propiedades reológicas en panificación	34
Tabla 4. Atributos sensoriales en pan tipo molde	35
Tabla 5. Operacionalización de variables 1	40
Tabla 6. Operacionalización de variables 2	41
Tabla 7. Tratamientos experimentales.....	43
Tabla 8. Atributos evaluados en el análisis sensorial	45
Tabla 9. Niveles de factores experimentales	45
Tabla 10. Fuerza de Carga vs. Tiempo	49
Tabla 11. Composición fisicoquímica, desviación estándar y rangos de significancia (Tukey) en mezclas de harinas.....	51
Tabla 12. Composición fisicoquímica, desviación estándar y rangos de significancia (Tukey) en el producto terminado (Pan).....	54
Tabla 13. Parámetros mecánicos de textura, desviación estándar y rangos de significancia (Tukey) en la miga del Pan de Molde.....	58
Tabla 14. Recuento de mohos y levaduras en pan de molde	61
Tabla 15. Parámetros cinéticos y transiciones de torque (Nm) de las masas en función de los tratamientos.....	62

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Diagrama de flujo elaboración de pan	47
Figura 2. Apariencia Visual (Color y aspecto)	65
Figura 3. Olor/Aroma (Aroma y frescura)	65
Figura 4. Sabor (Equilibrio de sabores).....	66
Figura 5. Textura (Suavidad y esponjosidad)	67
Figura 6. Materia prima del pan	79
Figura 7. Pesado de las harinas.....	79
Figura 8. Mezclado y amasado de la masa	79

Figura 9. Leudado de la masa	79
Figura 10. Horneado del pan	79
Figura 11. Producto terminado	79
Figura 12. Determinación de Fibra.....	80
Figura 13. Determinación de Proteína.....	80
Figura 14. Determinación de Textura.....	80
Figura 15. Determinación de Acidez.....	80
Figura 16. Determinación de Mohos y levaduras	80
Figura 17. Aplicación sensorial	80
Figura 18. Tratamiento 0 Rep. 1	81
Figura 19. Tratamiento 0 Rep. 2.....	81
Figura 20. Tratamiento 0 Rep. 3.....	82
Figura 21. Tratamiento 1 Rep. 1	82
Figura 22. Tratamiento 1 Rep. 2.....	83
Figura 23. Tratamiento 1 Rep. 3.....	83
Figura 24. Tratamiento 2 Rep. 1	84
Figura 25. Tratamiento 2 Rep. 2.....	84
Figura 26. Tratamiento 2 Rep. 3.....	85
Figura 27. Tratamiento 3 Rep. 1	85
Figura 28. Tratamiento 3 Rep. 2.....	86
Figura 29. Tratamiento 3 Rep. 3.....	86
Figura 30. Tratamiento 4 Rep. 1	87
Figura 31. Tratamiento 4 Rep. 2.....	87
Figura 32. Tratamiento 4 Rep. 3.....	88

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Certificado del abstract por parte del CIDEN	77
Anexo 2. Proceso de elaboración del pan de molde y análisis en laboratorio	79
Anexo 3. Análisis estadísticos de los tratamientos	81
Anexo 4. Ficha de evaluación sensorial.....	89

RESUMEN

La presente investigación evaluó el impacto de la sustitución parcial de la harina de trigo con harina de avena y almidón de papa en las propiedades fisicoquímicas, sensoriales, microbiológicas y reológicas del pan de molde. Se centra en mejorar la riqueza nutricional de los productos horneados para atender la tendencia de una alimentación saludable, sin sacrificar la calidad tecnológica y la aceptación del consumidor. Se aplicaron enfoques experimentales cuantitativos y aplicados con un Diseño Completamente Aleatorizado (DCA) con cinco tratamientos y tres repeticiones. Se determinó que la adición de harina de avena incrementó el contenido de fibra y enriqueció el perfil nutricional del pan, mientras que el almidón de papa mejoró la retención de humedad y la suavidad de la miga. Sin embargo, la sustitución excesiva afectó la estructura de la masa debido a la reducción del gluten. El tratamiento T2 (15% avena, 15% almidón) presentó el mejor equilibrio entre valor nutricional, propiedades tecnológicas y aceptación sensorial, con incrementos en proteína (8.72%) y fibra (1.09%), y una cohesividad de 0.503. Todos los tratamientos cumplieron con los límites microbiológicos establecidos. Se concluye que la sustitución parcial permite obtener panes de molde con mayor valor nutricional sin comprometer su calidad tecnológica ni su aceptación por parte del consumidor.

Palabras claves: harina de avena, almidón de papa, pan de molde, propiedades reológicas, calidad sensorial.

ABSTRACT

The present study evaluated the impact of the partial substitution of wheat flour with oat flour and potato starch on the physicochemical, sensory, microbiological, and rheological properties of sliced bread. The research focuses on enhancing the nutritional value of baked goods to meet the growing trend toward healthy eating without sacrificing technological quality and consumer acceptance. Quantitative and applied experimental approaches were employed, utilizing a Completely Randomized Design (CRD) with five treatments and three replicates. The findings indicated that the addition of oat flour increased fiber content and enriched the nutritional profile of the bread, whereas potato starch improved moisture retention and crumb softness. However, excessive substitution adversely affected the dough structure due to gluten reduction. Treatment T2 (15% oat, 15% starch) exhibited the optimal balance between nutritional value, technological properties, and sensory acceptance, showing increases in protein (8.72%) and fiber (1.09%), along with a cohesiveness value of 0.503. All treatments complied with established microbiological limits. It is concluded that partial substitution allows for the production of sliced bread with higher nutritional value without compromising its technological quality or consumer acceptance.

Keywords: oat flour, potato starch, sandwich bread, rheological properties, sensory quality.

INTRODUCCIÓN

En la industria alimentaria ya es muy difícil desarrollar productos que satisfagan las necesidades de los consumidores y al mismo tiempo proporcionen nutrición en el sistema de salud. En este sentido, los consumidores muestran cada vez más preferencia por los productos alimenticios funcionales y saludables, y están impulsando la reformulación de sus productos tradicionales. Dentro de esta gama de productos, el pan de molde tiene una ventaja debido a su fuerte distribución y su importancia en términos de nutrición diaria. El pan de molde es uno de los alimentos más utilizados en todo el mundo por su practicidad general, accesibilidad y múltiples posibilidades de preparación que ofrece.

Históricamente, su método de fabricación utiliza harina de trigo refinada, que tiene las características técnicas útiles para formular la masa y la forma final del producto. Pero en términos nutricionales, es de bajo perfil nutricional debido a su bajo contenido de fibra dietética y compuestos bioactivos. La creciente prevalencia de enfermedades crónicas no transmisibles como la obesidad, la diabetes mellitus tipo 2 y las enfermedades cardiovasculares preocupa tanto a las organizaciones de salud como a la comunidad científica.

Estas patologías están muy relacionadas con la malnutrición y el consumo común de alimentos altamente refinados. Por lo tanto, es necesario encontrar alternativas alimenticias que mejoren la calidad nutricional de los productos de consumo masivo. Sobre esta base, la harina de avena es una alternativa, siendo de inmenso interés para la industria de la panadería, porque contiene un mayor número de fibras solubles (particularmente β -glucanos) reconocidas por sus efectos beneficiosos para la salud.

Varios estudios previos han sugerido cómo estos compuestos pueden llevar a una reducción del colesterol en sangre, control glucémico y beneficios para la salud digestiva. La avena también ofrece proteínas, vitaminas y minerales para apoyar la nutrición del producto final. En contraste, el almidón de papa, debido a sus excelentes propiedades tecnológicas en productos de panadería, ha llamado la atención. Sus excelentes capacidades de absorción y retención de agua promueven la creación de masas más esponjosas y suaves en forma de panes con mejor estabilidad durante el almacenamiento.

Tales elementos sirven para mejorar los atributos relacionados con la textura y la frescura del pan, el factor clave para la aceptación del consumidor. Pero reemplazar la harina de trigo por otros ingredientes en parte requiere una considerable innovación tecnológica. Una disminución en el contenido de gluten altera en gran medida las características reológicas de la masa, incluyendo su elasticidad, extensión y retención de gases producidos durante la fermentación.

Asimismo, la formulación hace que las características fisicoquímicas de un producto que afectan directamente las propiedades físicas del producto en relación con la humedad, contenido de proteínas, fibra, grasa, cenizas y pH estén sujetas a variaciones en una alteración de la formulación. Estos son parámetros básicos para evaluar el comportamiento técnico, la estabilidad y el valor nutricional del producto final.

Su evaluación permite investigar cuál es el efecto de diferentes condiciones de sustitución en las características del producto después de cambiar el nivel de sustitución, y en un momento dado determinar los parámetros del producto final. Asimismo, la evaluación sensorial sienta las bases para el desarrollo de nuevos productos alimenticios. Características como el color, aroma, sabor, textura y aceptabilidad también afectarán cómo los clientes perciben y compran un producto.

Esto significa que cualquier campaña de reformulación debe apuntar a un punto medio en el que se preserve de alguna forma la mejora nutricionalmente equilibrada y el valor tradicional de las características organolépticas. Aunque se ha realizado investigación para investigar harinas alternativas, el efecto combinado de la harina de avena y el almidón de papa es menos comprendido extensamente.

La mayoría de los estudios sobre estos componentes se han concentrado en sus análisis por separado, y hasta ahora, carecemos de información sobre cómo pueden interactuar y combinarse e influir entre sí en la tecnología y propiedades sensoriales de los productos. Por lo tanto, la siguiente investigación pretende determinar el impacto de la sustitución parcial de la harina de trigo con harina de avena y almidón de papa en el perfil fisicoquímico, sensorial y reológico del pan de molde.

I. EL PROBLEMA

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En la actualidad, la industria alimentaria atraviesa un proceso de transformación orientado hacia la producción de alimentos más saludables, funcionales y alineados con las nuevas tendencias de consumo. En este contexto, el sector de la panificación ha adquirido especial relevancia debido a su alta participación en la dieta diaria de la población. Diversos estudios evidencian que los consumidores actuales priorizan alimentos con mayor valor nutricional, lo que ha impulsado la reformulación de productos tradicionales como el pan tipo molde (Astiz et al., 2023).

El pan tipo molde continúa siendo uno de los alimentos de mayor consumo tanto a nivel global como en América Latina, debido a su accesibilidad, versatilidad y facilidad de conservación. Sin embargo, su elaboración tradicional se basa principalmente en harina de trigo refinada, la cual presenta una limitada concentración de fibra dietética, vitaminas y compuestos bioactivos esenciales. Esta situación ha generado preocupación en la comunidad científica respecto a su impacto en la calidad nutricional de la dieta (Astiz et al., 2023).

(Gómez, 2025) señala que, desde la perspectiva de la salud pública, el consumo elevado de productos elaborados con harinas refinadas se ha relacionado con el incremento de enfermedades crónicas no transmisibles. Entre estas destacan la obesidad, la diabetes tipo 2 y las enfermedades cardiovasculares, las cuales constituyen una de las principales causas de mortalidad a nivel mundial. Esta problemática ha impulsado la necesidad de reformular alimentos básicos mediante la incorporación de ingredientes funcionales que contribuyan a mejorar la salud de la población.

En respuesta a estas demandas, la industria panadera ha comenzado a explorar el uso de materias primas alternativas que permitan mejorar el perfil nutricional de los productos sin afectar significativamente sus propiedades tecnológicas. En

este sentido, la harina de avena se posiciona como una opción viable debido a su alto contenido de fibra soluble, particularmente betaglucanos, los cuales han demostrado efectos positivos en la reducción del colesterol y el control glucémico (Vásquez et al., 2021).

La incorporación de harina de avena en productos de panificación no solo mejora el valor nutricional, sino que también influye en las propiedades funcionales del producto. Estudios recientes indican que la avena posee una alta capacidad de retención de agua, lo que contribuye a mejorar la textura, la suavidad y la vida útil del pan. Estas características resultan especialmente relevantes en la elaboración de pan tipo molde, donde la calidad sensorial es un factor determinante para la aceptación del consumidor (Vásquez et al., 2021).

Por otro lado, el uso de almidón de papa ha sido ampliamente estudiado por sus propiedades tecnológicas en la industria alimentaria. Este ingrediente se caracteriza por su elevada capacidad de gelatinización y retención de agua, lo que favorece la formación de estructuras más suaves y esponjosas en productos horneados. Asimismo, su incorporación puede contribuir a mejorar la estabilidad del pan durante el almacenamiento (Guzmán, 2025).

No obstante, la sustitución parcial de la harina de trigo por ingredientes alternativos como la harina de avena y el almidón de papa implica importantes desafíos tecnológicos. Uno de los principales problemas radica en la alteración de las propiedades reológicas de la masa, debido a la disminución del contenido de gluten. Esta proteína es esencial para la formación de una red elástica capaz de retener los gases generados durante la fermentación (Vásquez et al., 2021).

La reducción del gluten puede generar masas menos cohesivas, con menor elasticidad y capacidad de expansión, lo que afecta directamente el volumen y la textura del pan. En consecuencia, es necesario evaluar cuidadosamente las proporciones de sustitución para evitar un deterioro en la calidad del producto final. Este aspecto representa uno de los principales retos en la innovación de productos panificados (Astiz et al., 2023).

Además de los cambios estructurales, las modificaciones en la formulación pueden influir en las propiedades sensoriales del pan. Factores como el sabor,

el color, la textura y el aroma son determinantes en la aceptación del consumidor, por lo que cualquier innovación debe garantizar un equilibrio entre valor nutricional y calidad sensorial (Gómez, 2025).

A pesar del creciente interés en el uso de ingredientes alternativos, existe una limitada evidencia científica que analice el efecto combinado de la harina de avena y el almidón de papa en la elaboración de pan tipo molde. La mayoría de las investigaciones se han centrado en el estudio individual de estos ingredientes, lo que evidencia una brecha en el conocimiento sobre sus posibles interacciones (Gómez, 2025).

Esta falta de estudios integrales dificulta el desarrollo de formulaciones optimizadas que logren mejorar el perfil nutricional del pan sin comprometer sus propiedades tecnológicas. En este sentido, resulta fundamental realizar investigaciones que analicen de manera conjunta las características fisicoquímicas, reológicas y sensoriales del producto final (Astiz et al., 2023).

Asimismo, la determinación de proporciones óptimas de sustitución parcial constituye un aspecto clave para garantizar la calidad del pan tipo molde. La evaluación experimental de diferentes niveles de incorporación de harina de avena y almidón de papa permitirá identificar combinaciones que maximicen los beneficios nutricionales sin afectar negativamente la estructura del producto (Vásquez et al., 2021).

Desde una perspectiva industrial, la reformulación de productos panificados representa una oportunidad para innovar y responder a las demandas del mercado. La incorporación de ingredientes funcionales no solo mejora el valor nutricional de los alimentos, sino que también contribuye a la diversificación de la oferta y al desarrollo de productos más competitivos (Guzmán, 2025).

En este contexto, la investigación científica desempeña un papel fundamental en el desarrollo de nuevas tecnologías y formulaciones que permitan optimizar la calidad de los productos alimentarios. La generación de conocimiento en este ámbito es esencial para garantizar la sostenibilidad y la innovación en la industria de la panificación (Astiz et al., 2023).

Finalmente, la promoción de hábitos alimentarios saludables constituye un objetivo prioritario en las políticas de salud pública a nivel mundial. La reformulación de alimentos de consumo masivo, como el pan tipo molde,

puede contribuir significativamente a mejorar la calidad de la dieta de la población, reduciendo el riesgo de enfermedades crónicas y promoviendo un estilo de vida más saludable (Gómez, 2025).

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿Cómo influye la sustitución parcial de harina de trigo por harina de avena y almidón de papa en las propiedades fisicoquímicas, sensoriales, microbiológicas y reológicas del pan tipo molde?

1.3. JUSTIFICACIÓN

En la actualidad, los hábitos alimentarios de la población han experimentado transformaciones significativas, orientándose hacia el consumo de productos más saludables, funcionales y con mayor valor nutricional. Este cambio responde a una mayor conciencia sobre la relación entre alimentación y salud, así como a la creciente prevalencia de enfermedades crónicas no transmisibles. En este contexto, el pan tipo molde, al ser uno de los alimentos de mayor consumo a nivel mundial, representa un vehículo estratégico para la incorporación de ingredientes funcionales que contribuyan a mejorar la calidad de la dieta (Huang et al., 2022).

El pan tipo molde es ampliamente consumido debido a su accesibilidad, practicidad y versatilidad en la dieta diaria. Sin embargo, su formulación tradicional basada en harina de trigo refinada presenta limitaciones nutricionales importantes, principalmente por su bajo contenido de fibra dietética, vitaminas y compuestos bioactivos (Suárez et al., 2024). Esta situación ha motivado a investigadores y a la industria alimentaria a buscar alternativas que permitan mejorar su perfil nutricional sin afectar sus características tecnológicas.

Frente a esta problemática, diversos estudios han evidenciado el potencial de la harina de avena como ingrediente funcional en la panificación. La avena se caracteriza por su alto contenido de fibra soluble, especialmente betaglucanos, los cuales han sido ampliamente estudiados por sus efectos positivos en la salud. Estos compuestos han demostrado contribuir a la reducción del colesterol LDL y

a la mejora de la respuesta glucémica, lo que los convierte en un componente clave en la prevención de enfermedades metabólicas (Astiz, 2023).

Además de sus beneficios nutricionales, la harina de avena presenta propiedades tecnológicas que pueden influir en la calidad del pan. Su capacidad de retención de agua favorece la humedad y la suavidad del producto, lo que puede mejorar su vida útil. Sin embargo, su incorporación debe ser cuidadosamente evaluada, ya que en altas proporciones puede afectar la estructura del pan debido a la dilución del gluten (Padilla et al., 2024).

Por otro lado, el almidón de papa ha sido identificado como un ingrediente con propiedades tecnológicas relevantes en la industria panadera. Este componente presenta una alta capacidad de gelatinización y retención de agua, lo que contribuye a mejorar la textura, la suavidad y la estabilidad del producto final (Trejo et al., 2024). Asimismo, su uso puede favorecer la prolongación de la frescura del pan durante el almacenamiento.

La incorporación de almidón de papa en productos panificados permite mejorar la calidad estructural del pan, especialmente en formulaciones donde se reduce el contenido de gluten. Esto lo convierte en un ingrediente clave en el desarrollo de productos con sustitución parcial de harina de trigo, ya que puede compensar algunas de las deficiencias estructurales generadas por la inclusión de harinas no tradicionales (Trejo et al., 2024).

No obstante, desde una perspectiva tecnológica, la sustitución parcial de la harina de trigo por harina de avena y almidón de papa representa un desafío significativo. La reducción del contenido de gluten afecta las propiedades reológicas de la masa, disminuyendo su elasticidad, cohesión y capacidad de retención de gases (Huang et al., 2022). Estas alteraciones pueden repercutir directamente en el volumen, la textura y la estructura del pan.

La red de gluten desempeña un papel fundamental en la formación de la estructura del pan, ya que permite atrapar el dióxido de carbono generado durante la fermentación (Suárez et al., 2024). Cuando esta red se debilita, se obtienen productos con menor volumen y una textura más densa. Por esta razón, es fundamental evaluar cuidadosamente las proporciones de sustitución para mantener la calidad del producto final.

Adicionalmente, los cambios en la formulación pueden afectar las propiedades sensoriales del pan, tales como el sabor, el color, la textura y el aroma. Estos atributos son determinantes en la aceptación del consumidor, por lo que cualquier innovación en la formulación debe garantizar un equilibrio entre valor nutricional y calidad sensorial. La aceptabilidad del producto es un factor clave para su éxito en el mercado.

En este sentido, se evidencia la necesidad de desarrollar estudios experimentales que permitan determinar las proporciones óptimas de sustitución parcial de harina de trigo por harina de avena y almidón de papa. Este tipo de investigaciones debe considerar un enfoque integral que incluya el análisis de propiedades fisicoquímicas, reológicas, microbiológicas y sensoriales del producto final.

Desde el ámbito científico y tecnológico, la presente investigación se justifica en la necesidad de generar evidencia empírica sobre el comportamiento de ingredientes alternativos en sistemas panificados. El análisis integral de las propiedades del pan permitirá comprender las interacciones entre los diferentes componentes de la formulación, contribuyendo al desarrollo de productos innovadores y de alta calidad (OMS, 2021).

Desde el punto de vista industrial, los resultados de esta investigación pueden ser aplicados en la elaboración de productos panificados más saludables y competitivos en el mercado (Trejo et al., 2024). La creciente demanda de alimentos funcionales representa una oportunidad para la industria panadera, que busca adaptarse a las nuevas tendencias de consumo mediante la innovación en ingredientes y procesos.

Asimismo, organismos internacionales han destacado la importancia de promover dietas saludables como estrategia para prevenir enfermedades crónicas no transmisibles. La Organización Mundial de la Salud (2021) señala que una alimentación rica en fibra, vitaminas y compuestos bioactivos contribuye significativamente a la reducción del riesgo de enfermedades cardiovasculares, diabetes y obesidad.

En este contexto, la reformulación de productos de consumo masivo como el pan tipo molde adquiere una relevancia significativa, ya que puede contribuir a mejorar la calidad de la dieta de la población. La incorporación de

ingredientes como la harina de avena y el almidón de papa permite desarrollar productos con un mejor perfil nutricional, sin dejar de lado las características sensoriales que determinan su aceptación.

Finalmente, la presente investigación se justifica por su relevancia científica, tecnológica y social. El desarrollo de pan tipo molde con sustitución parcial de harina de trigo por harina de avena y almidón de papa no solo contribuye a mejorar su valor nutricional, sino que también promueve hábitos alimentarios más saludables. Además, esta propuesta se alinea con los Objetivos de Desarrollo Sostenible, particularmente con el ODS 12, que promueve la producción y el consumo responsables (ONU, 2025).

1.4. OBJETIVOS Y PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN

1.4.1. Objetivo General

Evaluar el efecto de la sustitución parcial de harina de trigo por harina de avena y almidón de papa sobre las propiedades fisicoquímicas, sensoriales, microbiológicas y reológicas del pan tipo molde.

1.4.2. Objetivos Específicos

- Determinar las propiedades fisicoquímicas de la mezcla de harinas y del pan tipo molde elaborado con diferentes proporciones de harina de avena y almidón de papa.
- Evaluar el efecto de la sustitución parcial sobre las propiedades reológicas de la mezcla y del pan, especialmente en la textura del producto final.
- Analizar la calidad microbiológica y sensorial del pan tipo molde, mediante el recuento de mohos y levaduras y la evaluación de atributos como color, aroma, sabor, textura y aceptabilidad.

1.4.3. Preguntas de Investigación

- ¿Cuáles son las propiedades fisicoquímicas de la mezcla de harinas y del pan tipo molde elaborado con diferentes proporciones de harina de avena y almidón de papa, en términos de humedad, pH, contenido de proteína, fibra, grasa, ceniza y carbohidratos?

- ¿Cómo influye la sustitución parcial de harina de trigo por harina de avena y almidón de papa en las propiedades reológicas y estructurales de la masa y del pan, particularmente en la textura del producto final?
- ¿Cuál es el efecto de la sustitución parcial sobre la calidad microbiológica y sensorial del pan tipo molde, considerando el recuento de mohos y levaduras, así como atributos como color, aroma, sabor, textura y nivel de aceptabilidad?

II. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

Según Chamorro y Natividad (2023) en su estudio realizado sobre la evaluación de las características fisicoquímicas y sensoriales del pan de molde enriquecido con Kiwicha y Cañihua, en el que se aplicó un enfoque cuantitativo y experimental analizando el efecto de harinas alternativas en panificación mediante un diseño completamente al azar, evaluando variables fisicoquímicas y sensoriales a través de análisis de laboratorio y pruebas hedónicas. Los resultados mostraron mejoras en el valor nutricional del pan. En este sentido, se evidencia que la sustitución parcial de harinas puede mejorar la calidad nutricional, pero también influir en la aceptación del producto final.

De igual manera en la investigación de Cabrera y Benavides (2023) en el que se analiza la sustitución parcial de la harina de trigo en productos panificados se desarrolla con una metodología de enfoque cuantitativo mediante un diseño experimental en el que se consideraron parámetros fisicoquímicos y pruebas sensoriales con escala hedónica. Los resultados más relevantes reflejaron mejoras nutricionales del producto especialmente en fibra, sin embargo, presentaron variaciones en textura y aceptabilidad, lo que determina que se puede mejorar la calidad nutricional sin embargo se deben cuidar los porcentajes de cada tratamiento para determinar un pan aceptable en sus propiedades sensoriales.

Por otro lado, en el análisis de Rodríguez y Avellaneda (2022) en su estudio sobre la sustitución parcial de harina de trigo por torta extruida de sachu inchi en pan de molde se evidencia la aplicación de un enfoque experimental con énfasis en el análisis químico, propiedades reológicas, textura, color y evaluación sensorial del producto. Los principales resultados reflejaron un incremento significativo en proteína, fibra, grasa y cenizas, así como la disminución de carbohidratos. Por lo que, esto demuestra que con una adecuada incorporación de harinas alternativas mejora el valor nutricional del pan sin afectar su aceptabilidad de manera significativa.

Finalmente, en el estudio de Pinzón y López (2024) sobre el reemplazo parcial de harina de trigo por harina de banano verde, se evaluó el efecto de diferentes niveles de sustitución (5 %, 10 % y 20 %) mediante el análisis de propiedades fisicoquímicas, texturales, color y estructura del pan mediante análisis de imagen. Los resultados reflejan el incremento de la sustitución aumentó el contenido de fibra y almidón, pero redujo la estabilidad de la masa y afectó la textura, incrementando la dureza y disminuyendo la cohesividad. En este sentido, se concluye que la sustitución parcial mejora el valor nutricional, pero en niveles altos puede afectar la calidad tecnológica del pan, por lo cual se deben aplicar mediciones que mejoren las propiedades planteadas.

2.2. MARCO TEÓRICO

2.2.1. Cereales y harinas

Los cereales son plantas pertenecientes a la familia de las gramíneas, cuyos granos constituyen una de las principales fuentes de alimentación a nivel mundial debido a su alto contenido de carbohidratos complejos, proteínas y compuestos bioactivos. Los más utilizados son: el trigo, la avena, el maíz y el arroz, los cuales no solo aportan energía sino también nutrientes esenciales como fibra, vitaminas del complejo B y minerales.

En este sentido, su importancia nutricional radica en que contribuyen a una dieta equilibrada y especialmente en su forma integral pueden ayudar en la prevención de enfermedades crónicas como la diabetes y afecciones cardiovasculares. Por tanto, los cereales no solo cumplen una función energética, sino también funcional por sus propiedades, al influir positivamente en la salud humana y servir como base para la elaboración de productos derivados como las harinas utilizadas en panificación.

En la industria panadera, las harinas representan el insumo principal ya que determinan en gran medida la calidad del producto final. A continuación, se presentan los tipos de harinas más relevantes utilizadas en panificación, considerando sus características principales y su aporte tecnológico y nutricional.

Tabla 1. Tipos de harinas utilizadas en panificación

Tipo de harina	Características principales	Aplicación en panificación
Harina de trigo	Rica en gluten, buena elasticidad y capacidad de retención de gas	Base principal para pan tipo molde, aporta volumen y estructura
Harina integral	Contiene salvado y germen, mayor contenido de fibra	Mejora el valor nutricional, pero puede afectar la textura
Harina de avena	Alta en β -glucanos y fibra soluble	Aporta beneficios funcionales y mejora el perfil nutricional
Almidón de papa	Alta capacidad de retención de agua, baja proteína	Mejora la suavidad y textura del pan
Harina de maíz	Libre de gluten, textura más densa	Se usa en mezclas, limita la elasticidad
Harina de arroz	Baja en proteínas, ligera	Utilizada en formulaciones especiales o sin gluten

Fuente: (Maza y Caneda, 2022).

La selección del tipo de harina en panificación depende tanto de sus propiedades tecnológicas como de su aporte nutricional, mientras que la harina de trigo continúa siendo fundamental por su contenido de gluten, la incorporación de harinas alternativas, como la avena y el almidón de papa, permite mejorar la calidad nutricional del producto final. Sin embargo, esta sustitución debe realizarse de manera controlada, ya que puede afectar la estructura, textura y aceptabilidad del pan lo que resalta la importancia de estudios experimentales que permitan encontrar un equilibrio entre funcionalidad y calidad del producto.

2.2.2. Harina de trigo

La harina de trigo, uno de los insumos principales de la industria del pan por su valor nutricional y funcional, incluye principalmente carbohidratos, principalmente almidón, proteínas, pequeñas porciones de grasa, vitaminas del complejo B y minerales. Son particularmente importantes porque las proteínas hidratadas y amasadas se convierten en gluten. Debido a su menor contenido de fibra en comparación con las harinas integrales, la harina de trigo sigue siendo una fuente importante de energía en la dieta diaria y es ampliamente utilizada en productos de consumo masivo (Arriaga y Rodríguez, 2024).

La harina de trigo se utiliza como fuente funcional en la panificación y es capaz de formar una masa con propiedades viscoelásticas adecuadas a partir del desarrollo de una red de proteínas llamada gluten a través del amasado y que puede retener el dióxido de carbono producido durante la fermentación, permitiendo que la masa

se expanda para que el pan tenga más volumen, textura esponjosa y diseño uniforme (Arriaga y Rodríguez, 2024).

En este sentido, el gluten no solo es necesario para la calidad del pan, sino que también tiene un efecto inmediato en características de la masa como la elasticidad, extensibilidad y estabilidad en el proceso de elaboración. Aunque la harina de trigo está bastante avanzada debido a su tecnología, en términos de nutrición (especialmente las harinas refinadas), tiene sus limitaciones. Durante los procesos de refinamiento se eliminan los componentes del salvado y el germen, reduciéndose drásticamente el contenido de fibra, vitaminas y minerales (Astiz et al., 2023).

2.2.3. Harina de avena

Debido a su densidad nutricional, la harina de avena se ha convertido en un ingrediente básico en la alimentación. Está compuesta predominantemente por carbohidratos complejos, grandes cantidades de proteínas de buena calidad, grasas saludables y una gran cantidad de fibra. La avena, a diferencia de otros tipos de harinas refinadas, contiene algunas vitaminas del complejo B, minerales e ingredientes bioactivos que no se pierden y, por lo tanto, sirven como una alternativa funcional para mejorar la composición nutricional de los alimentos.

Como se cita en Padilla y Roble (2025), agregar este producto a los productos horneados satisface la necesidad de alimentos más saludables con un aporte nutricional adicional. Uno de los ingredientes más esenciales de la avena es su contenido de β -glucano, una fibra altamente soluble que puede ser beneficiosa para la salud. Pueden formar soluciones viscosas en el sistema que ayudan a reducir el colesterol LDL y a controlar la glucosa en sangre.

Además, los β -glucanos también contribuyen a llenar el estómago y mejorar la salud intestinal, posicionando a la avena como un alimento funcional. Por lo tanto, su aplicación en la panificación no solo proporciona fortaleza nutricional, sino que también tiene ventajas preventivas para enfermedades crónicas no transmisibles. En la panificación, la harina de avena se considera una sustitución parcial de la harina de trigo para mejorar las propiedades nutricionales del producto horneado final (Astiz et al., 2023).

2.2.4. Almidón de papa

El almidón de papa, un polisacárido de origen vegetal contiene principalmente dos fracciones, amilosa y amilopectina, que dictan su comportamiento durante procesos como la gelatinización; es uno de los almidones más utilizados en aplicaciones alimentarias para el consumidor (Mueez et al., 2023). El almidón de papa se diferencia de otros almidones porque tiene un tamaño de gránulo más grande y alta pureza, lo que le confiere una alta capacidad de absorción de agua y una rápida gelatinización a temperaturas relativamente bajas.

Es un ingrediente funcional esencial en el proceso de preparación de productos alimenticios, particularmente donde es importante cambiar la estructura y consistencia. Técnicamente, el almidón de papa ayuda a mejorar las propiedades del producto final porque actúa como agente espesante, estabilizante y texturizante. En la panadería, desempeña un papel en la producción de una mejor textura de la miga, así como en asegurar una mayor retención de humedad (reduciendo la retrogradación del almidón) y una mayor vida útil (Mueez et al., 2023).

Además, su capacidad para retener agua mantiene el pan fresco por más tiempo antes de que comience su proceso de endurecimiento. Por lo tanto, el almidón de papa se considera un ingrediente clave en el desarrollo de un producto con sustitución parcial de harina de trigo, basado en un enfoque estratégico para mejorar la calidad tecnológica de los productos.

Así, el almidón de papa y cómo influye en la textura del pan proporciona un efecto importante en la aceptación del consumidor porque la incorporación de almidón de papa puede aumentar la textura: el pan puede parecer más suave, más húmedo y uniforme con más miga, lo que mejorará la retroalimentación sensorial respecto a un producto. Sin embargo, su empleo debe equilibrarse con su funcionalidad para complementar otras harinas, siempre que lo haga en las proporciones correctas para fortalecer la estructura sensorial del producto (Solarte & Díaz, 2020).

2.2.5. Gluten

Según Jiménez (2023), el gluten es una proteína compleja dentro del grupo de cereales como el trigo, la cebada y el centeno, según su análisis. Se forma cuando las proteínas glutenina y gliadina entran en contacto con el agua y se someten a un proceso de amasado. Esta interacción da lugar a una red proteica tridimensional con

propiedades viscoelásticas, que es fundamental en la fabricación de productos horneados. En este sentido, el gluten es una parte esencial de la tecnología de panificación ya que desempeña un papel estructural pero también afecta en gran medida la calidad de la masa y el producto final.

Desde un punto de vista funcional, la masa puede volverse tanto extensible como elástica con el gluten, facilitando un manejo más fácil durante el proceso de elaboración. Esta red proteica mantiene el CO₂ producido por la levadura durante la fermentación, y el volumen resultante de la masa (textura esponjosa) aumentará significativamente. Además, la capacidad del gluten es extremadamente beneficiosa para retener gases, lo cual es esencial para la miga uniforme y una estructura interna adecuada del pan.

Por lo tanto, su presencia afecta directamente el volumen, la textura y las propiedades sensoriales del producto (Parada & Araya, 2020). Sin embargo, la disminución del contenido de gluten, como ocurre en los procesos de reemplazo parcial (es decir, reemplazar la harina de trigo con harinas alternativas), puede provocar alteraciones sustanciales en las propiedades del pan y la masa. Los efectos son generalmente una disminución en la elasticidad, menor capacidad de retención de gases y, por lo tanto, una disminución en el volumen y una textura más densa. Por lo tanto, es esencial analizar el gluten en función de su comportamiento en el sistema de panificación para comprender su participación (Parada & Araya, 2020).

2.2.6. Pan tipo molde

El pan de molde, elaborado principalmente con harina de trigo, agua, levadura y sal, y ocasionalmente grasas o azúcares. Su forma regular es uno de los rasgos característicos, que deriva de los moldes utilizados durante el horneado. Este tipo de pan consta de una miga suave y consistente y una corteza delgada, lo que los consumidores aceptan ya que es fácil de comer y morder. Además, su producción está relacionada con los métodos de fermentación controlada para desarrollar su estructura interna, siendo uno de los productos más típicos en la industria moderna de la panadería (Chamorro & Natividad, 2023).

El pan de molde se caracteriza por su alto volumen, textura esponjosa y gran capacidad de conservación; por lo tanto, el pan es un alimento muy práctico y versátil. Este tipo de pan tiene propiedades específicas en términos de su calidad

(calidad de la harina), desarrollo del gluten y fermentación. El proceso de producción consta de pasos elementales como mezclar ingredientes, amasar, fermentar, dar forma, fermentación final y horneado. En el transcurso de esto, se efectúan cambios fisicoquímicos significativos en la forma de formar la red de gluten, retención de gas y gelatinización del almidón, afectando directamente la calidad del producto final (Chamorro & Natividad, 2023).

Desde un punto de vista nutricional y social, mientras que el pan es uno de los alimentos básicos en la dieta diaria de todos los humanos, el pan de molde es uno de ellos, ya que ofrece energía principalmente en forma de carbohidratos, así como algunas proteínas y micronutrientes en su preparación. Pero los nutrientes pueden depender en gran medida de lo que se añada, y particularmente cuando se utilizan harinas refinadas. Desde este punto de vista, la reformulación de este alimento por otros tipos de sustitutos alimenticios, por ejemplo, harina de avena y almidón de papa, es una estrategia para mejorar su calidad nutricional sin disminuir su aceptabilidad: una que se enriquece y mejora a lo largo del continuo de innovación alimentaria (Rodríguez & Avellaneda, 2020).

2.2.7. Sustitución parcial de harina de trigo

La sustitución parcial de la harina de trigo en la panificación implica reemplazar una porción de esta materia prima con harinas alternativas como la harina de avena y el almidón de papa, con el objetivo de mejorar la calidad nutricional del producto final sin perder completamente sus propiedades. Esta práctica responde a las nuevas demandas de los consumidores orientadas hacia alimentos más saludables y funcionales. La sustitución experimental permite un aumento en el contenido de fibra, compuestos bioactivos y otros nutrientes beneficiosos para la salud.

Por lo tanto, se propone la sustitución parcial como una estrategia que busca mantener un equilibrio entre la contribución nutricional y la funcionalidad de la masa. La clave de la sustitución se gestiona a través de una incorporación estratégica y controlada para optimizar la formulación, logrando un producto con mejores características nutricionales sin comprometer su calidad sensorial. A continuación, se presenta una comparación de la composición nutricional aproximada por 100 gramos entre la harina de trigo y otras harinas utilizadas en la panificación, con el fin de resaltar las diferencias en su contribución nutricional.

Tabla 2. Composición nutricional de harinas utilizadas en panificación por 100 g

Componente	Harina de trigo	Harina de avena	Almidón de papa
Carbohidratos	70 – 75 g	60 – 66 g	80 – 85 g
Proteína	10 – 13 g	12 – 15 g	<1 g
Grasa	1 – 2 g	6 – 8 g	0 g
Fibra	2 – 3 g	8 – 10 g	0 – 1 g
Minerales	1 – 2 g	2 – 3 g	0.5 g
Agua	10 – 14 g	8 – 10 g	10 – 12 g

Fuente: Adaptado de Mueez et al. (2023)

2.2.8. Propiedades fisicoquímicas

Las propiedades fisicoquímicas del pan de molde son parámetros importantes que determinan la composición nutricional y tecnológica del producto resultante. El método se utiliza para determinar el impacto de la sustitución parcial de la harina de trigo con harina de avena y almidón de papa en el tipo de pan en términos de estabilidad, valor nutricional y comportamiento de almacenamiento. Para este propósito, se utilizan métodos estandarizados en laboratorios para obtener resultados precisos y su comparación de tratamientos experimentales con el control (Pakathip Thakaeng, 2021). Los procesos para cada uno se detallan a continuación.

Humedad: La humedad es la cantidad de agua en el pan resultante y se determina mediante el método termogravimétrico, que la calcula pesando una muestra representativa, secándola en el horno, a unos 105 °C hasta que el peso se mantenga constante, y calculando la pérdida de peso. El valor de % de humedad se calcula por la relación del peso inicial con el peso seco, mediante la fórmula: % Humedad = $[(\text{Peso inicial} - \text{Peso seco}) / \text{Peso inicial}] \times 100$. Este parámetro permite juzgar la estabilidad del producto y su riesgo de deterioro microbiano (Bianco, Capote, & Garmendia, 2024).

pH: El pH mide la acidez o alcalinidad del pan y se mide con un potenciómetro calibrado. Para ello, la muestra se homogeneiza en agua destilada, formando una suspensión y se introduce el electrodo para obtener la lectura directa. El pH afecta la tasa de fermentación, la actividad microbiana y la conservación del producto (Hanna Instruments, 2022).

Proteína: La proteína se determina mediante el método Kjeldahl, el nitrógeno total en una muestra se determina por digestión, destilación y titulación. Luego, el nitrógeno se multiplica por un factor de conversión (a menudo 6.25) para obtener la proporción

de proteínas y permitir examinar la composición del producto (es decir, la concentración de proteínas estructurales como el gluten) (Hanna Instruments, 2021).

Fibra: Como se determina mediante un método gravimétrico de eliminación de componentes solubles por digestión ácida y alcalina, deja un residuo igual a la fibra cruda. El residuo se seca, se pesa y se presenta como un porcentaje en relación con su peso inicial. Cuantifica el contenido de fibra dietética del pan (García & Infante, 2020).

Grasa: El contenido de grasa se puede determinar mediante el método Soxhlet. En este método, la muestra siempre necesita ser extraída con un solvente orgánico como éter de petróleo o hexano. El solvente se evapora y la grasa residual se pesa después de que los lípidos han sido extraídos en el proceso. Tal porcentaje puede cuantificarse en fracción de grasa en la muestra y contribuciones lipídicas (Pobel, 2025).

Cenizas: Las cenizas son el contenido mineral total de las muestras (las cenizas se obtienen incinerando la mezcla en un horno mufla a una temperatura que varía de 500 a 550 °C). Esto es la eliminación de material orgánico, y el residuo inorgánico se pesa y se expresa como un porcentaje de cenizas que finalmente ayuda a estimar el contenido mineral del producto (Arriaga & Rodríguez, 2024).

Carbohidratos: Los carbohidratos se calculan indirectamente: $\% \text{ Carbohidratos} = 100 - (\% \text{ Humedad} + \% \text{ Proteína} + \% \text{ Grasa} + \% \text{ Cenizas})$. El valor permite determinar el contenido energético del pan y el análisis del estado nutricional a nivel mundial (Mueez, Siddique, & Mehnaz, 2023).

En conjunto, la determinación de estos índices fisicoquímicos permite dar una caracterización detallada del pan de molde con información particular relacionada con la composición y estabilidad del pan de molde, y los aspectos nutricionales generales del pan de molde. Así, el análisis técnico de estos componentes sirve como un marco básico sobre el cual interpretar el impacto de la sustitución parcial del trigo, en el que se lleva a cabo la sustitución de harina de avena y almidón de papa en un entorno experimental y se realiza la comparación entre tratamientos y se determinan los cambios significativos en el pan final.

2.2.9. Propiedades reológicas

El análisis reológico es crucial en la investigación de productos horneados, porque puede ayudarnos a entender las propiedades relacionadas con la estructura de la masa durante su producción y el grado de calidad que el pan crea. Estas propiedades describen cómo los materiales se deforman y fluyen cuando se les aplica una fuerza y son particularmente relevantes en la panadería, donde procesos como el amasado, la fermentación y el horneado son comunes. El análisis reológico puede adoptarse en la investigación evaluando los efectos de la sustitución parcial de harina de trigo con harina de avena y almidón de papa en la estructura y textura del producto final (Padilla & Robles, 2025).

Tabla 3. Propiedades reológicas en panificación	
Propiedad	Descripción sintetizada
Reología	Estudia la deformación y el flujo de la masa al aplicar fuerzas externas.
Comportamiento de la masa	Relaciona la interacción de ingredientes (agua, gluten) y determina su capacidad de manipulación y retención de gases.
Elasticidad	Capacidad de la masa para recuperar su forma después de ser deformada; depende del gluten.
Viscosidad	Resistencia de la masa al flujo; influye en la estabilidad y consistencia durante el proceso.
Textura del pan	Resultado final del comportamiento reológico; incluye suavidad, firmeza y esponjosidad.

Fuente: (Padilla & Robles, 2025)

2.2.10. Propiedades sensoriales

Las propiedades sensoriales son un aspecto clave en el análisis de alimentos porque se utilizan para evaluar la percepción del consumidor hacia un producto específico. En el contexto de la panadería, la evaluación sensorial se emplea para medir la calidad del pan dependiendo de sus propiedades organolépticas, las cuales informan directamente sobre su aceptabilidad. Se realizan pruebas con 60 panelistas para este análisis, y las escalas de calificación facilitan la medición objetiva de atributos como el color, el aroma, el sabor, la textura y la aceptabilidad general. En este caso, estas características permiten identificar el efecto de sustituir parcialmente la harina de trigo con harina de avena y almidón de papa en la percepción del consumidor (García & Alarcón, 2024).

Tabla 4. Atributos sensoriales en pan tipo molde

Atributo	Descripción sintetizada
Evaluación sensorial	Método que permite analizar la calidad del producto mediante la percepción de los sentidos, generalmente utilizando escalas de valoración.
Color	Apariencia visual del pan; influye en la primera impresión del consumidor.
Aroma	Olor característico del producto, asociado a la fermentación y horneado.
Sabor	Percepción gustativa que integra dulce, salado y otros matices propios de la formulación.
Textura	Sensación al tacto y en boca; incluye suavidad, firmeza y esponjosidad.
Aceptabilidad	Nivel de agrado general del producto, resultado de la combinación de todos los atributos sensoriales.

Fuente. (García y Alarcón, 2024)

2.2.11. Propiedades microbiológicas

Los factores microbiológicos de los productos horneados son esenciales para garantizar la seguridad y calidad de los alimentos, ya que pueden llevar a la detección de la presencia y multiplicación de microorganismos que podrían influir en su conservación y seguridad. Para el pan de molde, el análisis microbiológico se centra principalmente en el conteo de mohos y levaduras, ya que son estos microorganismos los que causan que el producto se deteriore durante el almacenamiento (Envirotech Latin America, 2024).

Los mohos se desarrollan bajo condiciones de humedad y temperaturas favorables, presentando cambios visibles y riesgo para la salud humana, mientras que las levaduras también pueden causar deterioro si su crecimiento no se controla. Los mohos y levaduras se contaron utilizando técnicas de cultivo y medios específicos en los cuales se determinaron los números de UFC de colonias presentes en la muestra (Barbu, 2023).

La caracterización de estos permite una estimación de la densidad microbiana del producto, así como su estabilidad durante su vida útil. En un trabajo académico, tales propiedades son necesarias para investigar el efecto de la sustitución de harina de trigo por harina de avena y almidón de papa en las propiedades de conservación del pan, con análisis como el contenido de humedad y la composición de la mezcla del producto, que pueden promover o restringir el crecimiento microbiano.

III. METODOLOGÍA

3.1. ENFOQUE METODOLÓGICO

3.1.1. Enfoque

Como resultado de la naturaleza del estudio, la investigación es de enfoque cuantitativo ya que se basa en la medición objetiva y el análisis estadístico de variables numéricas de la calidad del pan de molde en términos de propiedades fisicoquímicas, reológicas, sensoriales y microbiológicas. También permite la identificación de resultados precisos, verificables y comparables entre una amplia gama de tratamientos, lo que permite el análisis de las relaciones entre la formulación y el comportamiento del producto.

Arias (2021) sostiene que la investigación cuantitativa emplea datos medibles, así como métodos estadísticos que permiten pruebas rigurosas de hipótesis, y es ampliamente seguida en estudios de ciencia y tecnología de alimentos ya que la calidad necesita ser evaluada a través de procedimientos estandarizados. Además, el estudio incluye un paso experimental controlado en el que se prepararán varias composiciones de pan de molde mediante la sustitución parcial de harina de trigo con harina de avena y almidón de papa.

Este diseño permitió probar las influencias de estas sustituciones en las propiedades del producto final, que está destinado a seleccionar la formulación más adecuada en relación con la calidad nutricional, la calidad tecnológica y la aceptabilidad sensorial. El diseño experimental permite estudiar el análisis de causa-efecto modificando las variables independientes y midiendo sus efectos sobre las variables dependientes (Hernández 2023) para garantizar la validez y fiabilidad de los resultados.

3.1.2. Tipo de Investigación

La investigación actual sigue dos áreas principales: experimental y aplicada, porque la variable independiente (porcentaje de sustitución de harina de trigo con harina de avena y almidón de papa) se manipula directamente para evaluar el impacto en los factores dependientes relacionados con la calidad del pan de sándwich, incluyendo propiedades fisicoquímicas, reológicas, sensoriales y microbiológicas. Esto permite establecer relaciones de causa y efecto en condiciones controladas, lo que mejora la validez interna del estudio.

Además de ser investigación aplicada, se esfuerza por crear una solución implementable relacionada con el producto alimenticio, con el objetivo de ser más amigable nutricionalmente, ayudando a la innovación en la industria de la panificación y aumentando la calidad de la dieta. Según Vizcaíno et al. (2023), la investigación aplicada busca resolver problemas específicos mediante la aplicación del conocimiento científico.

El diseño experimental utilizado se basa en un diseño completamente aleatorizado (DCA) utilizando un método factorial de mezclas, que se usa comúnmente en estudios de formulación de alimentos. Hay dos consideraciones principales en este diseño, se tienen en cuenta el porcentaje de harina de avena (factor A) y el porcentaje de almidón de papa (factor B), mientras que la cantidad de harina de trigo se ajusta en función de la proporción total de la mezcla.

Se establecen cinco tratamientos separados, incluyendo 1 control con 100% de harina de trigo, cada uno se repite 3 veces, resultando en 15 unidades experimentales. Tal diseño ayuda a estudiar tanto los efectos individuales como los efectos entre factores mientras se optimiza la formulación del producto. Los diseños factoriales y de mezclas son herramientas experimentales básicas para optimizar procesos y productos en la investigación, ya que pueden considerar una gama completa de variables al mismo tiempo (Rodríguez, 2020).

3.2. HIPÓTESIS

Hipótesis nula (H_0):

La sustitución parcial de harina de trigo por harina de avena y almidón de papa no influye significativamente en las propiedades fisicoquímicas, sensoriales, microbiológicas y reológicas del pan tipo molde.

Hipótesis alternativa (H_1):

La sustitución parcial de harina de trigo por harina de avena y almidón de papa influye significativamente en las propiedades fisicoquímicas, sensoriales, microbiológicas y reológicas del pan tipo molde.

3.3. DEFINICIÓN Y OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES

3.3.1. Definición de las variables

Variable independiente (VI): Sustitución parcial de harina de trigo por harina de avena y almidón de papa

La variable independiente es la sustitución parcial de harina de trigo por harina de avena y almidón de papa en diferentes proporciones, con el propósito de evaluar su efecto sobre la calidad de la mezcla de harinas. Esta variable se estudió mediante cinco tratamientos experimentales: T0 (100% harina de trigo), utilizado como tratamiento control; T1 (10% harina de avena, 20% almidón de papa y 70% harina de trigo); T2 (15% harina de avena, 15% almidón de papa y 70% harina de trigo); T3 (20% harina de avena, 10% almidón de papa y 70% harina de trigo); y T4 (25% harina de avena, 5% almidón de papa y 70% harina de trigo). La formulación de cada tratamiento se determinó mediante el método gravimétrico, siguiendo la metodología propuesta por Jaramillo (2023).

Variable Dependiente (VD): Calidad de la mezcla de harinas

La variable dependiente corresponde a la calidad de la mezcla de harinas obtenida a partir de los diferentes niveles de sustitución de harina de trigo por harina de avena y almidón de papa. Esta variable se evaluó a través de dos dimensiones: las propiedades fisicoquímicas y las propiedades reológicas. Las propiedades fisicoquímicas incluyeron la determinación de humedad, pH, proteína, fibra, cenizas y gluten, empleando métodos oficiales de la AOAC y las normas correspondientes:

AOAC 925.10 para humedad, NTE INEN ISO 1842:2013 para pH, AOAC 2001.11 para proteína, AOAC 923.03 para cenizas, AOAC 985.29 para fibra y AOAC 2003.06 y AOAC 947.05 para gluten. Por otra parte, las propiedades reológicas se evaluaron mediante el equipo Mixolab, considerando indicadores como la absorción de agua, el tiempo de desarrollo de la masa y la estabilidad, de acuerdo con las directrices establecidas en el Mixolab Applications Handbook.

Variable Dependiente (VD): Calidad del pan tipo molde

La variable dependiente corresponde a la calidad del pan tipo molde elaborado a partir de las diferentes formulaciones de harina de trigo, harina de avena y almidón de papa. Esta variable se evaluó a través de cinco dimensiones: propiedades fisicoquímicas, sensoriales, microbiológicas, reológicas y de textura.

En la dimensión fisicoquímica se determinaron los parámetros de humedad, pH, proteína, ceniza, fibra, grasa y acidez. Para ello se emplearon técnicas de termogravimetría, electrometría, método Kjeldahl, gravimetría, extracción Soxhlet y volumetría, siguiendo los métodos oficiales AOAC 925.10 para humedad, NTE INEN ISO 1842:2013 para pH, AOAC 2001.11 para proteína, AOAC 923.03 para cenizas, AOAC 985.29 para fibra, AOAC 2003.06 para grasa y AOAC 947.05 para acidez.

La dimensión sensorial se evaluó mediante los atributos de color, olor, sabor, textura y aceptabilidad general. Para ello se aplicó una prueba afectiva utilizando una escala hedónica de siete puntos para 60 jueces no entrenados, de acuerdo con la metodología establecida para la presente investigación por García y Guamá (2026). En cuanto a las propiedades microbiológicas, se analizó la presencia de mohos y levaduras mediante la técnica de recuento en placa, siguiendo los procedimientos establecidos en la norma NTE INEN-ISO 21527-2:2014.

Las propiedades reológicas se determinaron mediante el equipo Mixolab, considerando los indicadores de absorción de agua, estabilidad, desarrollo de la masa y debilitamiento proteico, de acuerdo con las especificaciones del Mixolab Applications Handbook. Finalmente, las propiedades de textura se evaluaron mediante un texturómetro, considerando los parámetros de dureza, elasticidad, cohesividad y masticabilidad, con el fin de caracterizar el comportamiento mecánico y la calidad estructural del pan tipo molde obtenido en cada tratamiento.

3.3.2. Operacionalización de las variables

Tabla 5. Operacionalización de variables 1

Variable	Dimensión	Indicadores	Técnicas	Instrumentos / Normas
V. Independiente Sustitución parcial de harina de trigo por harina de avena y almidón de papa	Tratamientos experimentales	T0: 0% avena – 0% almidón – 100% trigo T1: 10% avena – 20% almidón 70% trigo T2: 15% avena – 15% almidón 70% trigo T3: 20% avena – 10% almidón 70% trigo T4: 25% avena – 5% almidón 70% trigo	Experimental	Hoja de registro de datos
V. Dependiente Calidad de la mezcla de harinas	Propiedades fisicoquímicas	Cenizas Humedad Fibra cruda Proteína pH	Calcinación por mufla Gravimetría Gravimetría Kjeldahl Potenciometría	AOAC 923.03 AOAC 925.10 AOAC 962.09 AOAC 979.09 NTE INEN 526:2012
	Propiedades reológicas	Estabilidad proteica Gelatinización Estabilidad de la amilasa Retrogradación del almidón	Reometría	Mixolab Applications Handbook

Tabla 6. Operacionalización de variables 2

Variable	Dimensión	Indicadores	Técnicas	Instrumentos / Normas
V. Independiente Sustitución parcial de harina de trigo por harina de avena y almidón de papa	Tratamientos experimentales	T0: 0% avena – 0% almidón – 100% trigo T1: 10% avena – 20% almidón 70% trigo T2: 15% avena – 15% almidón 70% trigo T3: 20% avena – 10% almidón 70% trigo T4: 25% avena – 5% almidón 70% trigo	Experimental	Hoja de registro de datos
V. Dependiente Calidad del pan tipo molde	Propiedades físicoquímicas	Proteína Fibra pH Grasa Acidez Humedad	Kjeldahl Gravimetría Potenciometría Soxhlet Acidez titulable Gravimetría	AOAC 979.09 AOAC 962.09 NTE INEN 1529.10 AOAC 920.39 NTE INEN 521:2013 AOAC 925.10
	Propiedades sensoriales	Color Olor Sabor Textura Aceptabilidad	Prueba de aceptación con escala hedónica de 7 puntos	NTC 3925
	Propiedades microbiológicas	Recuento de mohos y levaduras	Recuento en placa	NTE INEN 1529-10
	Propiedades de textura	Dureza Adhesividad Cohesividad Elasticidad Masticabilidad	Perfil de textura (TPA)	Texturómetro Brookfield

3.4. MÉTODOS UTILIZADOS

3.4.1. Método de Análisis de Perfil de Textura (TPA) Concepto

El Análisis de Perfil de Textura (TPA) es un método instrumental de carácter objetivo y reológico que imita la acción de masticar en la boca. Implica someter la muestra a una prueba de compresión doble uniaxial consecutiva utilizando una sonda adaptada a un analizador de textura. A partir de la curva de Fuerza-Tiempo generada, el método extrae parámetros mecánicos primarios (como la dureza) y parámetros secundarios (como la cohesividad), proporcionando una huella reológica tridimensional de la estructura del alimento.

3.4.2. Método Estadístico Inferencial (Diseño Completamente Aleatorizado - CRD)

Concepto

El Diseño Completamente Aleatorizado (CRD) es un modelo estadístico unifactorial aplicable cuando las unidades experimentales son relativamente homogéneas y los factores extraños pueden ser controlados en el laboratorio. Su principio se basa en la asignación aleatoria de tratamientos a unidades experimentales, permitiendo la evaluación del efecto puro de la variable independiente sobre las variables de respuesta a través del Análisis de Varianza (ANOVA), que descompone la variabilidad total en variabilidad debida a tratamientos y error experimental.

3.4.3. Método de Comparación de Medias Múltiples (Prueba HSD de Tukey) Concepto

La prueba de Diferencia Honestamente Significativa (HSD) de Tukey es un método estadístico post-hoc aplicado después del rechazo de la hipótesis nula en un ANOVA. Su función es realizar múltiples comparaciones por pares entre las medias de todos los tratamientos. La prueba establece un umbral mínimo de diferencia matemática basado en el error estándar y los grados de libertad; si la diferencia entre dos tratamientos supera este umbral, se concluye con un nivel de confianza definido que pertenecen a poblaciones con comportamientos distintos.

3.4.4. Proceso de elaboración del pan tipo molde

El proceso de elaboración del pan tipo molde se basa en la aplicación de un diseño experimental completamente al azar en el cual se desarrollan cinco tratamientos (Y0-T4) mediante la sustitución parcial de harina de trigo por harina de avena y almidón de papa. Inicialmente se realizará el pesado de los ingredientes considerando las proporciones específicas de cada tratamiento. Posteriormente se lleva a cabo el mezclado de los componentes hasta obtener una masa homogénea seguido del amasado donde se desarrolla la red de gluten.

Luego la masa será sometida a un proceso de fermentación permitiendo la producción dióxido de carbono por acción de las levaduras, lo que contribuye al aumento de volumen. Posteriormente, se realiza el moldeado colocando la masa en moldes específicos, seguido de una fermentación final. Finalmente, se procede a la fijación de la estructura del pan. Una vez finalizado el proceso, el producto se enfría antes de realizar los análisis correspondientes.

Tabla 7. Tratamientos experimentales

Tratamiento	Harina de avena (%)	Almidón de papa (%)	Harina de trigo (%)
T0	0	0	100
T1	10	20	70
T2	15	15	70
T3	20	10	70
T4	25	5	70

Nota. Diseño experimental

3.4.5. Mediciones experimentales

Las mediciones experimentales se realizaron en los diferentes tratamientos establecidos con tres repeticiones por cada uno, obteniendo un total de 15 unidades experimentales. Las condiciones permiten evaluar el efecto de la sustitución de harinas sobre las propiedades fisicoquímicas, sensoriales, microbiológicas y reológicas del pan tipo molde.

a) Análisis fisicoquímico

Los análisis fisicoquímicos se realizan para determinar la composición del producto final, considerando las siguientes variables:

- Humedad
- pH
- Proteína
- Ceniza
- Fibra
- Grasa
- Acidez

El análisis permite comparar el efecto de los diferentes niveles de sustitución sobre la calidad nutricional y tecnológica del pan.

b) Análisis microbiológico

El análisis microbiológico se centra en realizar el recuento de mohos y levaduras con el fin de evaluar la calidad sanitaria del producto. El análisis permitirá determinar la estabilidad del pan en función de su composición especialmente considerando el contenido de humedad de los diferentes tratamientos.

c) Análisis reológico

El análisis reológico se enfoca en la evaluación de la textura del pan tipo molde considerando que la sustitución parcial de harina de trigo puede afectar a estructura de la masa debido a la reducción del gluten.

d) Análisis sensorial

El análisis sensorial se realizará mediante una aplicación de una evaluación y aceptación al posible consumidor en la cual se valorarán atributos como el color, el aroma, el sabor, la textura y la aceptabilidad en general, con el objetivo de identificar el tratamiento con mayor preferencia.

Tabla 8. Atributos evaluados en el análisis sensorial

Atributo	Descripción
Color	Apariencia visual del pan
Aroma	Olor característico del producto
Sabor	Percepción gustativa
Textura	Sensación al tacto y en boca
Aceptabilidad	Evaluación general del producto

3.4.6. Técnicas

La formulación del pan tipo molde se basa en la sustitución parcial de harina de trigo por harina de avena y almidón de papa, manteniendo constantes los demás ingredientes. La técnica permitirá evaluar el efecto de diferentes proporciones de sustitución sobre las propiedades del producto final.

Tabla 9. Niveles de factores experimentales

Factor	Ingrediente	Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3	Nivel 4
A	Harina de avena	10%	15%	20%	25%
B	Almidón de papa	5%	10%	15%	20%

3.4.7. Recursos

Materia prima e insumos:

- Harina de trigo
- Harina de avena
- Almidón de papa
- Agua
- Levadura
- Sal
- Grasa vegetal

Materiales y equipo de laboratorio Equipos:

- Estufa de secado
- Horno
- Amasadora
- Mesa de trabajo
- pH-metro (potenciómetro)
- Balanza analítica
- Mufla
- Texturómetro (ej. Brookfield)

- Incubadora microbiológica
- Material de vidrio (vasos de precipitación, matraces, etc.)

Reactivos

pH (potenciómetro):

- Soluciones buffer estándar (pH 4.0, 7.0 y 10.0) para calibración

Proteína (método Kjeldahl):

- Ácido sulfúrico (H_2SO_4) concentrado
- Sulfato de sodio (Na_2SO_4) o sulfato de potasio (K_2SO_4)
- Hidróxido de sodio (NaOH)
- Ácido bórico (H_3BO_3)
- Indicadores (rojo de metilo y azul de metileno)
- Solución estándar de ácido clorhídrico (HCl)

Gravimetría (Humedad, Ceniza, Fibra):

- Humedad: No requiere reactivos (secado en estufa)
- Ceniza: No requiere reactivos (incineración en mufla)
- Fibra cruda: Ácido sulfúrico diluido (1.25%); Hidróxido de sodio diluido (1.25%)

Grasa (extracción Soxhlet):

- Éter de petróleo
- Hexano (alternativa)

Carbohidratos:

- No requiere reactivos (cálculo por diferencia)

Análisis microbiológico (mohos y levaduras):

- Agar Papa Dextrosa (PDA) o Agar Sabouraud
- Agua peptonada (diluyente)
- Etanol (desinfección)
- Colorantes opcionales (azul de metileno o cristal violeta)

Análisis reológico (textura):

- No requiere reactivos químicos
- Evaluación mediante Mixolab

3.5. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

T0: 100% Harina de trigo
T1: 70% HT + 10% HA + 20% AP
T2: 70% HT + 15% HA + 15% AP
T3: 70% HT + 20% HA + 10% AP

T4: 70% HT + 25% HA + 5% AP

Agua

Levadura

Azúcar

Sal

Margarina

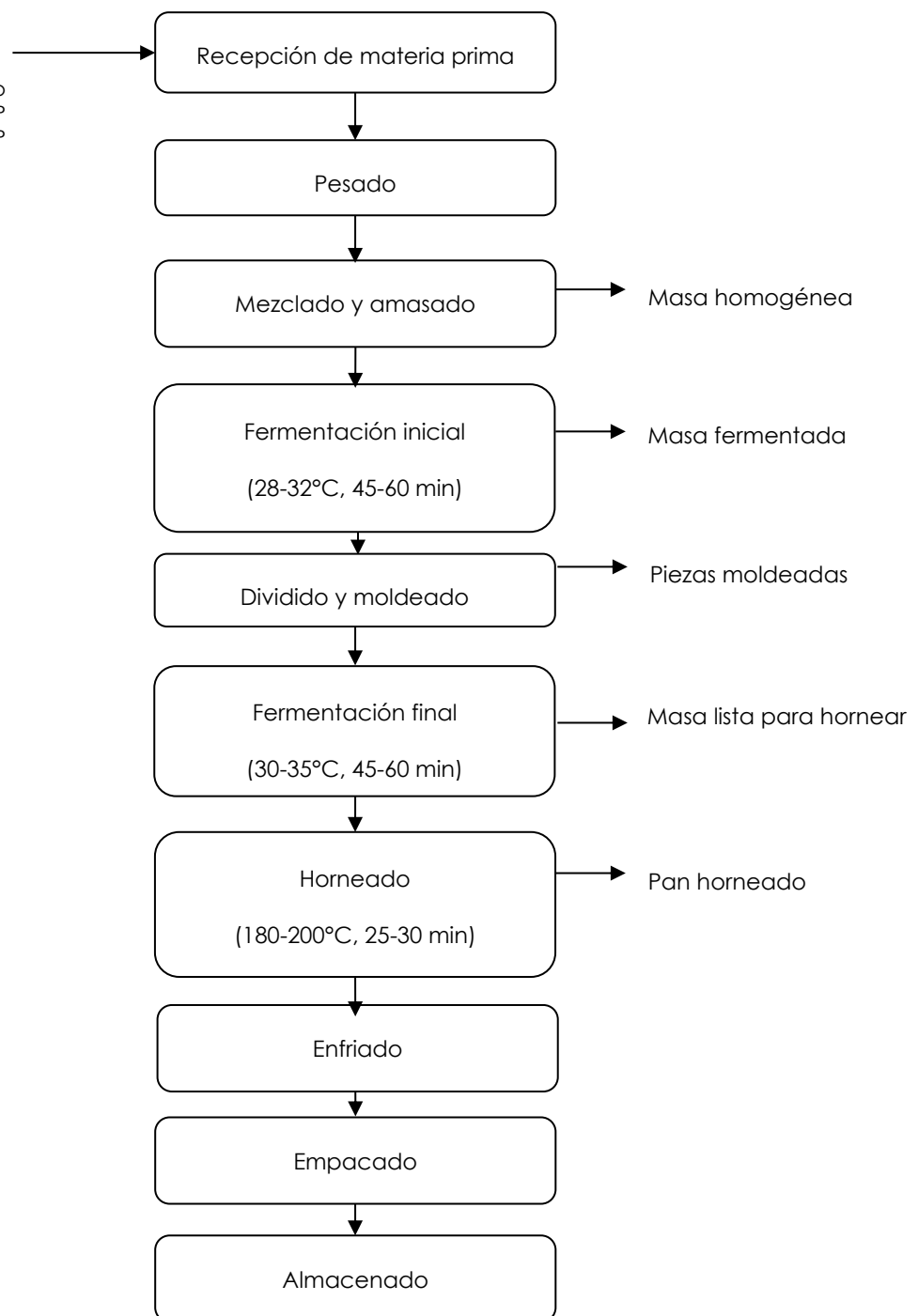


Figura 1. Diagrama de flujo elaboración de pan

La metodología aplicada y el análisis estadístico fueron estructurados formalmente con un modelo técnico y un formato más adecuado para su informe académico según las estadísticas numéricas adquiridas directamente de las curvas del texturómetro (Texture Pro 1.0.19) de los cinco tratamientos (T0 a T4) y sus réplicas (R1, R2, R3). Se empleó el análisis de perfil de textura (TPA) en el análisis mecánico de la miga de pan de sándwich formulado en un caso donde la harina de trigo fue parcialmente sustituida por harina de avena y almidón de papa. Las pruebas se llevaron a cabo utilizando un texturómetro con Texture Pro (versión 1.0.19), software para la adquisición de datos. Procedimiento y condiciones para las pruebas:

Preparación de muestras: Después de que cada unidad experimental (pan de sándwich) se enfriara, se cortaron rebanadas regulares del medio de la miga con un grosor controlado.

Cinemática de compresión: La prueba fue una doble compresión que se repitió en iteraciones consecutivas imitando lo que hace la lengua al masticar. La sonda del equipo se desplegó verticalmente, aplicando una fuerza de deformación axial sobre la muestra a una velocidad de movimiento constante, hasta el momento de inversión, luego liberando la fuerza antes de comenzar el segundo intervalo de deformación.

Condiciones mecánicas de análisis: A partir de gráficos vectoriales de Fuerza (g) y tiempo (s), se dedujeron directamente dos propiedades reológicas, fundamentales e independientes.

Dureza: Como la fuerza máxima observada en el pico de la primera compactación (Punto 1, en gramos g). Es la fuerza utilizada para la deformación del pan durante el primer mordisco.

Cohesividad: Determinada automáticamente por el software como la relación adimensional del trabajo completado en la segunda compresión versus el trabajo realizado en la primera compresión ($\text{Área2} / \text{Área1}$). Indica qué tan bien la miga sostiene su construcción, unida a una estructura concreta bajo carga.

Diseño experimental y análisis estadístico

La influencia de la sustitución puede evaluarse utilizando un Diseño Completamente Aleatorizado (CRD) de un solo factor (el porcentaje de sustitución) en 5 niveles de tratamiento con 3 casos realistas por tratamiento, dando lugar a 15 unidades experimentales evaluativas.

Matriz de datos de prueba original (Fuerza de carga vs. Tiempo)

Los valores de carga máxima y los indicadores de transición se consolidan en la siguiente tabla a partir de informes instrumentales individuales cargados.

Tabla 10. Fuerza de Carga vs. Tiempo

Tratamiento	Réplica	Dureza (g)	Parámetro de Control Asociado (Curva TPA)
T0 (Control)	R1	1537.00	Punto 1 a los 1.93 s
	R2	2511.00	Punto 1 a los 1.94 s (Diferencia: -442.00 g, Area:1060.94 g·s)
	R3	1085.00	Punto 1 a los 1.92 s (Diferencia: -214.00 g, Area:670.36 g·s)
T1	R1	1216.00	Punto 1 a los 1.93 s (Diferencia: -197.00 g, Area:799.40 g·s)
	R2	1612.00	Perfil simétrico completo (Pico 1 vs Pico 2)
	R3	1692.00	Punto 1 a los 1.92 s (Diferencia: -337.00 g, Area:1133.42 g·s)
T2	R1	1341.00	Punto 1 a los 1.92 s (Diferencia: -259.00 g, Area:1029.99 g·s)
	R2	805.00	Punto 1 a los 1.92 s (Diferencia: -140.00 g, Area:599.15 g·s)
	R3	876.00	Punto 1 a los 1.92 s (Diferencia: -178.00 g, Area:637.88 g·s)
T3	R1	809.00	Punto 1 a los 1.91 s (Diferencia: -134.00 g, Area:580.99 g·s)
	R2	1021.00	Perfil de doble pico conservado
	R3	1208.00	Curva con base extendida en meseta elástica
T4	R1	1999.00	Punto 1 a los 1.93 s (Diferencia: -469.00 g, Área:954.63 g·s)
	R2	1043.00	Punto 1 a los 1.92 s (Diferencia: -214.00 g, Área:598.72 g·s)
	R3	1679.00	Punto 1 a los 1.93 s (Diferencia: -492.00 g, Área:881.74 g·s)

Métodos Estadísticos para el Análisis de Datos:

El análisis estadístico de las variables dependientes instrumentales se realizará de acuerdo con los siguientes pasos estadísticos normales:

Pruebas de Suposiciones Matemáticas: Antes de concluir con la prueba basada en la dureza y cohesividad de los residuos, se examinarán mediante la prueba de Shapiro-Wilk (para verificar la normalidad de la distribución de los datos) y la prueba de Levene (homocedasticidad o igualdad de varianzas entre tratamientos).

ANOVA: Se realizó un ANOVA de una vía para comparar la hipótesis nula de la prueba ($H_0: \mu_{T0} = \mu_{T1} = \mu_{T2} = \mu_{T3} = \mu_{T4}$) con la hipótesis alternativa (H_1) para probar diferencias estadísticamente significativas en las propiedades mecánicas entre los cambios en los niveles de sustitución de harina de avena y almidón de papa. El nivel de significancia establecido para rechazar H_0 será $\alpha = 0.05$.

Prueba de Comparación de Medias HSD de Tukey: Cuando los resultados del ANOVA indiquen una diferencia significativa ($p < 0.05$), la prueba de rango múltiple de Tukey asegurará la discriminación de grupos de tratamientos entre sí, categorizados usando letras de significancia estadística (por ejemplo: a, b, c). Esto asegurará la confianza matemática de elegir el nivel de sustitución más útil para la reología final de la miga.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La caracterización mecánica y reológica de la miga de pan de sándwich se utiliza para describir sistemáticamente los resultados en este capítulo, así como los efectos de la sustitución parcial de la harina de trigo con harina de avena (*Avena sativa*) y almidón de papa (*Solanum tuberosum*). El objetivo básico de este análisis es descubrir cómo la alteración de la matriz polimérica convencional de la masa influye en las propiedades de textura del producto final, evaluando el mejor equilibrio entre el beneficio nutricional/tecnológico adicional y la aceptabilidad física del pan.

Las propiedades mecánicas de la miga se estudiaron instrumentalmente utilizando una prueba TPA, que se llevó a cabo utilizando el software de texturómetro bajo Texture Pro 1.0.19. La fuerza de compresión axial durante la masticación se simuló con esta prueba de manera ordenada, registrando variables independientes importantes como Dureza (g) y Cohesividad (adimensional). Para mejorar tanto la validez científica como la robustez estadística de los resultados, los datos brutos de las 3 réplicas aplicadas para cada uno de los 5 tratamientos (T0, T1, T2, T3, T4) se analizaron realizando ANOVA (Análisis de Varianza) bajo el Diseño Completamente Aleatorizado (CRD) y comparación de la media HSD de Tukey ($\alpha = 0.05$).

Se presentan curvas reológicas vectoriales (Fuerza de Carga vs. Tiempo) recopiladas en el laboratorio, luego tabuladas, analizadas estadísticamente e interpretadas fisicoquímicamente. La comparación del comportamiento bimodal de la textura, que entra en optimización en niveles de sustitución intermedios debido a los efectos de plastificación y retención de humedad, en contraposición al fallo estructural provocado por una dilución del gluten en niveles más altos, se compara con la literatura de vanguardia en el campo de la ciencia y tecnología de cereales.

4.1. RESULTADOS

4.1.1. Evaluación estadística y fisicoquímica de las mezclas de harinas

En este subcapítulo se detallan las propiedades analíticas de las mezclas de harina de trigo, harina de avena y almidón de papa antes de ser sometidas al proceso térmico de panificación.

Tabla 11. Composición fisicoquímica, desviación estándar y rangos de significancia (Tukey) en mezclas de harinas

Tratamiento	Cenizas (%)	Humedad (%)	Fibra Cruda (%)	Proteína (%)	pH
T0 (Control)	0,64±0,03 ^e	14,56±0,00 ^a	2,33±0,15 ^{ab}	8,68±0,36 ^c	6,51±0,01 ^a
T1	0,89±0,02 ^d	14,54±0,00 ^a	2,22±0,08 ^b	9,69±0,84 ^c	6,47±0,02 ^{ab}
T2	1,21±0,05 ^c	14,57±0,00 ^a	2,12±0,21 ^b	11,20±0,38 ^b	6,51±0,01 ^a
T3	1,53±0,03 ^b	14,55±0,00 ^a	2,10±0,04 ^b	10,72±0,26 ^b	6,48±0,01 ^{ab}
T4	1,83±0,01 ^a	14,52±0,00 ^a	2,43±0,15 ^a	12,64±1,31 ^a	6,41±0,04 ^b
Valor-p (ANOVA)	< 0,0001***	0,4216 (ns)	0,0314 *	0,0012 **	0,0184

Nota: Medias con letras diferentes en la misma columna indican diferencias estadísticas significativas según la prueba de Tukey ($\alpha=0,05$), (ns) no significativo; (*) significativo; (**) muy significativo; (***) altamente significativo.

Análisis de la variable Cenizas en mezclas de harinas

El Análisis de Varianza (ANOVA) determinó que la sustitución parcial ejerce un efecto altamente significativo ($p<0,0001$) sobre el porcentaje de cenizas, provocando una separación analítica perfecta en cinco rangos de Tukey mutuamente excluyentes (a, b, c, d, e). El tratamiento control (T0), correspondiente a la harina de trigo refinada al 100%, reportó el valor mínimo de residuo inorgánico con un 0,64±0,03%. A medida que se incrementó la tasa de sustitución por harina de avena y almidón de papa, se observó un incremento lineal y escalonado en los datos: T1 (0,89±0,02%), T2 (1,21±0,05%), T3 (1,53±0,03%) hasta alcanzar un punto máximo de 1,83±0,01% en el tratamiento T4.

Este fenómeno se atribuye a la composición botánica e histológica de las materias primas añadidas. La harina de avena empleada es de carácter integral, lo que significa que conserva las estructuras externas del grano (el pericarpio y la capa de aleurona), tejidos vegetales que destacan por su elevada densidad de macrominerales como fósforo, potasio, magnesio y calcio. Al desplazar la harina de trigo refinada cuyo proceso de molienda remueve sistemáticamente el salvado dejando casi exclusivamente el endospermo amiláceo, el residuo mineral total se eleva de forma proporcional. El bajo coeficiente de variación y la estrecha

desviación estándar validan la homogeneidad mecánica del proceso de mezclado en polvo.

Análisis de la variable Humedad en mezclas de harinas

Para el contenido de humedad libre en las harinas crudas, el modelo estadístico demostró que la adición de polvos alternativos no ejerció un efecto significativo ($p=0,4216$). Como consecuencia directa, la prueba de Tukey agrupó a la totalidad de los tratamientos dentro de un único rango de significancia común (a). Las medias registradas exhibieron una estabilidad analítica rigurosa, oscilando en un intervalo mínimo que fue desde un $14,52\pm0,00\%$ en T4 hasta un $14,57\pm0,00\%$ en el tratamiento T2.

Desde el punto de vista de la tecnología de cereales, este comportamiento resulta altamente favorable. Indica que los procesos previos de secado, molienda y almacenamiento de la harina de avena y el almidón de papa nativo se encuentran estandarizados en un equilibrio higroscópico equivalente al de la harina de trigo comercial (T0). Conservar un valor uniforme y cercano al límite técnico del 14,5% asegura que la materia prima compuesta cumpla con las normativas comerciales de almacenamiento seguro, garantizando que el agua ligada estructuralmente no inicie procesos prematuros de degradación enzimática ni sirva de sustrato para la proliferación latente de colonias fúngicas o bacterianas antes del amasado.

Análisis de la variable Fibra Cruda en mezclas de harinas

La evaluación gravimétrica de la fibra cruda en el bloque de polvos arrojó variaciones con significancia estadística ($p=0,0314$). El tratamiento con sustitución máxima (T4) consolidó la media más elevada con un $2,43\pm0,15\%$, ubicándose en el rango superior de Tukey (a). Por el contrario, los tratamientos intermedios experimentaron una ligera contracción matemática, estabilizándose en torno al $2,10\pm0,04\%$ en T3 y $2,12\pm0,21\%$ en T2, quedando relegados al rango de significancia (b).

Esta oscilación no lineal refleja una competencia de volumen composicional entre los dos ingredientes de sustitución. El almidón de papa se incorpora a la matriz como un carbohidrato refinado purificado, constituido casi en su totalidad por gránulos de amilosa y amilopectina, lo que significa que carece por completo de componentes estructurales de pared celular. En los primeros niveles de sustitución (T1, T2 y T3), el almidón ejerce un efecto de dilución que deprime el porcentaje global de fibra. No

obstante, al alcanzar el nivel crítico de T4, el volumen de harina de avena integral dosificado es lo suficientemente robusto como para revertir la dilución y aportar cantidades sustanciales de celulosa, hemicelulosa y, fundamentalmente, β -glucanos polímeros solubles, forzando estadísticamente el repunte de la variable.

Análisis de la variable Proteína Total en mezclas de harinas

El contenido de proteína en las harinas crudas evidenció modificaciones estadísticas muy significativas ($p=0,0012$). El lote control T0 fijó la línea base en $8,68\pm0,36\%$ (Rango c). Con la adición progresiva de los sustitutos, la densidad nitrogenada experimentó un incremento sostenido, transitando por T1 ($9,69\pm0,84\%$) y los tratamientos intermedios hasta culminar en un valor máximo de $12,64\pm1,31\%$ en el tratamiento T4, el cual se posicionó en solitario en el rango superior de Tukey (a).

Bioquímicamente, este enriquecimiento de aminoácidos es impulsado por la fracción proteica nativa de la avena. A diferencia del trigo cuyo perfil proteico está dominado por las prolaminas (gliadina) y glutelinas (glutenina), la avena concentra entre un 70% y 80% de su nitrógeno total en forma de globulinas llamadas avenalinas, las cuales se localizan firmemente en los cuerpos proteicos del endospermo intermedio. Dado que la avena posee un valor biológico e índice proteico basal superior al del trigo refinado, su incorporación compensa el déficit proteico intrínseco del almidón de papa (el cual aporta menos del 1% de proteína), logrando un balance de masa final enriquecido que optimiza las propiedades nutricionales de la harina compuesta.

Análisis de la variable Potencial de Hidrógeno (pH) en mezclas de harinas

La cuantificación del pH en las muestras de harina en suspensión determinó variaciones estadísticamente significativas ($p=0,0184$). La prueba de Tukey subdividió las medias en dos rangos principales: las muestras con menor sustitución (T0 y T2) compartieron el rango superior (a) con un pH máximo de $6,51\pm0,01$, mientras que el tratamiento de sustitución máxima (T4) se desplazó de forma sutil hacia la zona ácida, promediando un $6,41\pm0,04$ (Rango b).

Este ligero incremento en la concentración de iones hidronio (H^+) en el estado crudo de las harinas se debe a la composición química periférica del grano de avena integral. El salvado de avena posee fracciones moleculares libres compuestas por ácidos grasos insaturados y compuestos polifenólicos polares, tales como las avenantramidas y ácidos hidroxicinámicos. Al solubilizarse la harina en agua destilada para efectuar la medición electroquímica, estos compuestos liberan protones de

manera ligera al medio, alterando sutilmente el equilibrio iónico y provocando el descenso del pH observado en T4.

4.1.2. Evaluación estadística y fisicoquímica del pan (producto terminado)

En esta sección se evalúa el comportamiento fisicoquímico de la matriz alimentaria final (pan de molde) tras haber sido sometida a las operaciones de amasado, fermentación biológica y horneado térmico.

Tabla 12. Composición fisicoquímica, desviación estándar y rangos de significancia (Tukey) en el producto terminado (Pan)

Tratamiento	Proteína (%)	Fibra Cruda (%)	pH	Grasa (%)	Acidez (%)	Humedad (%)
T0 (Control)	7,42±0,26 ^d	1,66±0,15 ^a	5,57±0,02 ^e	5,06±1,53 ^{ab}	0,320±0,014 ^a	40,76±3,46 ^a
T1	8,20±0,20 ^{cd}	1,00±0,10 ^c	5,82±0,01 ^d	5,10±1,67 ^{ab}	0,347±0,005 ^a	38,74±0,54 ^a
T2	8,72±0,64 ^{bc}	1,09±0,26 ^{bc}	5,84±0,01 ^c	5,53±0,05 ^a	0,326±0,009 ^a	39,06±0,14 ^a
T3	10,32±0,36 ^{ab}	1,25±0,23 ^{abc}	5,95±0,01 ^b	4,97±1,09 ^{ab}	0,323±0,018 ^a	39,32±0,62 ^a
T4	10,94±0,50 ^a	1,44±0,08 ^{ab}	6,04±0,03 ^a	3,69±0,26 ^b	0,323±0,029 ^a	39,09±0,63 ^a
Valor-p (ANOVA)	< 0,0001 ***	0,0046 **	< 0,0001 ***	0,042	0,3145 (ns)	0,5108 (ns)

Nota: Medias con letras diferentes en la misma columna indican diferencias estadísticas significativas según la prueba de Tukey ($\alpha=0,05$), (ns) no significativo; (*) significativo; (**) muy significativo; (***) altamente significativo.

Análisis de la variable Proteína en el Pan

Al consolidarse la matriz del pan, la concentración proteica en la miga mantuvo diferencias estadísticamente altamente significativas ($p<0,0001$), validando que las transformaciones de horneado respetaron la tendencia macromolecular. El pan testigo (T0) arrojó el valor más bajo con un 7,42±0,26% (Rango d). Los panes sustituidos evidenciaron un incremento sostenido y estadísticamente diferenciado en sus medias, ascendiendo a un 8,72±0,64% en T2 (Rango bc), un 10,32±0,36% en T3 (Rango ab), hasta fijar un máximo de 10,94±0,51% en el tratamiento funcional T4 (Rango a).

Este comportamiento confirma la estabilidad térmica de las avenalinas de la avena frente a temperaturas internas de horneado (las cuales oscilan entre los 95°C y 98°C en el centro de la miga). A diferencia de otras proteínas globulares que sufren procesos extremos de desnaturalización y volatilización nitrogenada, la estructura compacta de las globulinas de la avena resiste el choque térmico industrial, fijándose firmemente en la costra y miga del pan. Cumplir con esta ganancia proteica neta permite clasificar comercialmente al producto bajo la consideración de "pan

enriquecido", alcanzando un perfil nutricional superior al de los productos convencionales de sándwich.

Análisis de la variable Fibra Cruda en el Pan

La determinación analítica de la fibra cruda en la matriz sólida del pan reflejó variaciones estadísticas muy significativas ($p=0,0046$). El lote testigo T0 inició con una media de $1,66\pm 0,15\%$ (Rango a), experimentando una contracción estadística súbita en el tratamiento T1 donde descendió a su punto mínimo de $1,00\pm 0,10\%$ (Rango c). Posterior a este punto, la fibra experimentó una recuperación lineal y progresiva en los tratamientos superiores: T2 ($1,09\pm 0,26\%$), T3 ($1,25\pm 0,23\%$) y T4 ($1,44\pm 0,08\%$, logrando reincorporarse al rango compartido ab).

La marcada caída registrada en T1 es el resultado directo del efecto de dilución generado por el almidón de papa nativo; este ingrediente, al actuar como un polvo purificado exento de fibras, reduce la densidad fibrosa global por unidad de masa en formulaciones de baja sustitución. No obstante, en los tratamientos con mayor tasa de sustitución (T3 y T4), la densidad de la harina de avena integral revierte la tendencia amilácea.

Reológicamente, este incremento de fibra ejerce implicaciones críticas en la calidad del pan de sándwich. Las cadenas poliméricas insolubles (celulosa) y los β -glucanos insolubilizados se interponen mecánicamente entre las cadenas de gliadina y glutenina, cortando físicamente la elasticidad de la red de gluten. Como consecuencia, la capacidad de retención de gas (CO_2) disminuye durante la fermentación, obligando al pan a desarrollar una miga mecánicamente más firme, densa y con un alveolado celular de diámetro reducido, aspecto estructural que delimita la aceptabilidad organoléptica.

Análisis de la variable Potencial de Hidrógeno (pH) en el Pan

El pH medido directamente sobre la miga del pan horneado experimentó variaciones altamente significativas ($p<0,0001$), dando lugar a una distribución estadística perfecta donde prácticamente cada tratamiento ocupó un peldaño independiente en la prueba de Tukey (a, b, c, d, e). Se observó una tendencia alcalinizante lineal e inversa al estado crudo de las harinas: el pan control T0 reportó el índice más ácido con una media de $5,57\pm 0,02$, incrementándose de forma continua a través de T1 ($5,82\pm 0,01$), T2 ($5,84\pm 0,01$), T3 ($5,95\pm 0,01$) hasta converger en una neutralidad relativa de $6,04\pm 0,03$ en el tratamiento T4.

Este incremento cinético del pH post-horneado encuentra su justificación en la transformación bioquímica de los componentes mayoritarios. Al someterse a la cocción térmica, el almidón de papa nativo experimenta un proceso completo de gelatinización, rompiendo sus gránulos e interactuando con las sales minerales inorgánicas básicas liberadas por la avena (fenómeno ratificado por el alto porcentaje de cenizas en T4). Este cambio conformacional provoca la exposición de grupos hidroxilo ($-OH$) hidrofílicos que actúan secuestrando los protones libres (H^+) generados por la levadura (*Saccharomyces cerevisiae*) durante la fermentación anaeróbica.

Sensorialmente, el incremento del pH a 6,04 suaviza la experiencia organoléptica en el paladar, mitigando cualquier resabio agrio o punzante. Sin embargo, desde la perspectiva de la vida útil microbiológica, un pH elevado debilita notablemente la barrera ácida protectora de la miga. Esto reduce la eficiencia de conservantes orgánicos tradicionales (como el propionato de calcio, cuya actividad óptima requiere $pH \leq 5,5$) y eleva exponencialmente el riesgo latente de contaminación por mohos superficiales y bacterias alterantes (*Bacillus subtilis*) si ocurren desviaciones higiénicas en el empaque.

Análisis de la variable Grasa (Extracto Etéreo) en el Pan

La concentración de lípidos totales en la miga sufrió modificaciones estadísticas significativas ($p=0,0421$). La separación de medias situó al tratamiento intermedio T2 en la posición máxima con un promedio de $5,53 \pm 0,05\%$ (Rango a). Por el contrario, el lote con sustitución máxima (T4) sufrió una contracción drástica en sus valores, cayendo a un mínimo de $3,69 \pm 0,26\%$ y aislándose estadísticamente en el rango inferior (b).

Este comportamiento oscilatorio obedece a la interacción contrapuesta de los dos vectores de sustitución. Por una parte, el germen de la harina de avena aporta un porcentaje nativo de lípidos insaturados de alta calidad (ácido oleico y linoleico), lo que justifica el repunte graso observado en T1 y T2. Por otra parte, al migrar hacia los niveles de sustitución elevados (T4), el volumen de almidón de papa incorporado pasa a ser el factor de dilución dominante; dado que el almidón es un extracto purificado libre de lípidos, desplaza y secuestra la fracción lipídica global de la masa.

Físicamente, en la panificación las grasas desempeñan una función lubricante esencial, intercalándose entre las láminas de gluten para flexibilizar la masa, retener

los gases de la levadura y retrasar el envejecimiento o retrogradación de la amilosa. La marcada escasez de grasa en T4 restringe esta acción lubricante molecular, originando una masa rígida que se traduce en un pan terminado con una miga quebradiza, propensa al desmoronamiento acelerado y con una textura notablemente más dura al morder.

Análisis de la variable Acidez Titulable Total en el Pan

En marcado contraste con las drásticas fluctuaciones del pH, la acidez libre titulable (expresada en porcentaje de ácido láctico) demostró ser una variable no significativa ($p=0,3145$). Como reflejo de esta homogeneidad matemática, la totalidad de los tratamientos experimentales se agruparon de forma unánime dentro del mismo rango de Tukey (a), con promedios generales que oscilaron de manera muy estrecha únicamente entre $0,320\pm0,014\%$ (T0) y $0,347\pm0,005\%$ (T1).

Esta falta de correspondencia fisicoquímica (donde el pH se eleva significativamente, pero la acidez total permanece inalterada) constituye un indicador científico clásico de la existencia de un efecto amortiguador o sistema *buffer* activo en la masa del pan de sándwich. Las proteínas de carácter soluble de la avena (avenalinas y albúminas) junto con la alta densidad de sales minerales inorgánicas presentes en las mezclas actúan absorbiendo y neutralizando los ácidos orgánicos volátiles e independientes generados durante la fermentación. Esto estabiliza la cantidad total de ácido láctico libre sin permitir variaciones significativas en la acidez titulable. Desde el punto de vista del control de calidad, este comportamiento es ideal, ya que asegura que las profundas modificaciones estructurales y proteicas aplicadas a la fórmula no alteren negativamente el perfil de sabor tradicional del pan de molde.

Análisis de la variable Humedad en el Pan

La humedad medida en la miga del pan terminado no manifestó diferencias estadísticas significativas ($p=0,5108$), lo que provocó que todas las muestras compartieran el rango de Tukey "a". Los promedios generales se estabilizaron de forma homogénea en torno a un valor general del 39%, fluctuando en un intervalo muy estrecho que fue desde el $38,74\pm0,54\%$ en T1 hasta el $40,76\pm3,46\%$ en el lote de control T0.

A pesar de que la remoción progresiva de la harina de trigo debilita de forma drástica la cantidad de gluten red viscoelástica responsable de retener mecánicamente el agua libre en el interior de la miga, la matriz sustituida logra compensar esta

deficiencia mediante la gelatinización y atrapamiento de agua provocado por el almidón de papa y la alta capacidad higroscópica de las fibras solubles de la avena. Esta estabilización en torno al 39% asegura que el producto final cumpla rigurosamente con los estándares físico-mecánicos de suavidad, jugosidad y elasticidad celular exigidos por la norma técnica ecuatoriana NTE INEN 2945 para panes de molde comerciales, evitando texturas gomosas o resacas.

4.1.3. Evaluación de las propiedades mecánicas de textura (TPA) en el pan

En este subcapítulo se desglosan y discuten los parámetros mecánicos obtenidos mediante el Análisis de Perfil de Textura (TPA) en la miga del producto terminado, evaluando específicamente las variables de Dureza (g) y Cohesividad (adimensional).

Tabla 13. Parámetros mecánicos de textura, desviación estándar y rangos de significancia (Tukey) en la miga del Pan de Molde.

Tratamiento	Dureza (g)	Cohesividad (adimensional)
T0 (Control)	1711,00 ± 728,95 ^a	0,447 ± 0,021 ^b
T1	1506,67 ± 254,49 ^{ab}	0,437 ± 0,025 ^b
T2	1007,33 ± 290,56 ^b	0,503 ± 0,078 ^a
T3	1012,67 ± 199,58 ^b	0,480 ± 0,010 ^{ab}
T4	1573,67 ± 486,05 ^{ab}	0,393 ± 0,021 ^c
Valor-p (ANOVA)	0,0412 *	0,0018 **

Nota: Medias con letras diferentes en la misma columna indican diferencias estadísticas significativas según la prueba de Tukey ($\alpha=0,05$), (ns) no significativo; (*) significativo; (**) muy significativo; (***) altamente significativo.

Análisis de la variable Dureza en la miga del pan

El Análisis de Varianza (ANOVA) determinó que la sustitución parcial con harina de avena integral y almidón de papa ejerce un efecto estadísticamente significativo ($p=0,0412$) sobre la dureza de la miga. La prueba de rangos múltiples de Tukey distribuyó las medias en dos bloques solapados, donde el tratamiento testigo T0 (100% trigo) registró la mayor resistencia basal a la compresión con 1711,00 ± 728,95g (Rango a), mientras que las sustituciones intermedias de los tratamientos T2 (1007,33 ± 290,56 g) y T3 (1012,67 ± 199,58 g) se consolidaron en el extremo inferior de firmeza, ocupando el rango estadístico (b). Al alcanzar el nivel máximo de sustitución en T4, la dureza experimentó un repunte matemático significativo hasta situarse en 1573,67 ± 486,05 g, reincorporándose al rango compartido (ab).

La marcada caída de la dureza en los tratamientos T2 y T3 (alcanzando mínimos locales de 805 g y 809 g en sus réplicas) representa un comportamiento reológico de gran interés industrial. Este fenómeno ablandador temprano se encuentra directamente ligado a la sinergia fisicoquímica entre los dos vectores de sustitución. Por un lado, la incorporación de almidón de papa nativo introduce gránulos de gran diámetro con una temperatura de gelatinización baja en comparación con el trigo; al cocerse, absorbe de manera eficiente el agua libre y actúa como un gel espaciador plastificante. Por otro lado, la harina de avena aporta un contenido graso nativo (extracto etéreo) rico en ácidos grasos insaturados que lubrica las interfases de la masa, reduciendo la fricción macromolecular y generando un complejo amilosa-lípido que interrumpe la formación de puentes de hidrógeno rígidos, dando como resultado una miga notablemente más suave y tierna al paladar.

No obstante, el incremento drástico de la firmeza observado en el tratamiento de sustitución máxima (T4) denota un punto de quiebre estructural. Al desplazar una fracción crítica de la harina de trigo, la densidad de la red viscoelástica de gluten se diluye por debajo de su umbral portante hidrodinámico. Los datos reológicos del Mixolab (Minutos 1-17) ratifican este comportamiento, evidenciando un aplanamiento severo del torque provocado por la incapacidad de las avenalinas (globulinas de la avena) para estructurar un entramado tridimensional que retenga eficientemente el dióxido de carbono (CO₂) celular durante la fermentación. Al colapsar mecánicamente las celdas de gas en el horneado, la matriz se compacta, forzando un alveolado estrecho y denso que físicamente eleva la fuerza requerida por la sonda del texturómetro para deformar la miga, explicando el comportamiento cinético de T4.

Análisis de la variable Cohesividad en la miga del pan

La cuantificación de la cohesividad parámetro adimensional que evalúa el grado en que la estructura de la miga puede deformarse mecánicamente antes de sufrir una ruptura interna determinó variaciones estadísticas muy significativas ($p = 0,0018$). La separación de medias mediante la prueba de Tukey organizó el comportamiento estructural en tres rangos claros: las sustituciones intermedias de T2 alcanzaron el punto máximo de acoplamiento elástico con una media de $0,503 \pm 0,078$ (Rango a), seguidas por la estabilidad compartida del testigo T0 y T1 en el rango (b). Finalmente, el tratamiento funcional extremo T4 sufrió una contracción severa, quedando

relegado en solitario al rango analítico inferior con un valor de $0,393 \pm 0,021$ (Rango c).

La optimización de la cohesividad en T2 (cuyo valor máximo en la réplica 3 ascendió a 0,59) demuestra que un nivel balanceado de sustitución promueve una excelente fuerza de unión intercelular. Bioquímicamente, la gelatinización completa y homogénea del almidón de papa envuelve las fibras solubles de la avena (beta-glucanos), actuando como un cemento estructural continuo que conecta los alveolos sin desgarrar la matriz circundante. Esto dota al pan de molde de una resiliencia mecánica ideal, garantizando que el producto absorba los esfuerzos de compresión durante el rebanado industrial o la manipulación directa del consumidor sin quebrarse ni generar desmigajamiento prematuro.

Por el contrario, el descenso crítico de la cohesividad en el tratamiento T4 (registrando un mínimo de 0,37 en T4R1) expone una desestructuración molecular severa en la miga. En este nivel de sustitución, la cantidad de celulosa y hemicelulosa insolubles aportadas por el salvado de la avena integral actúa como agujas físicas cortantes dentro de la masa, interrumpiendo la continuidad molecular del gel amiláceo y del gluten residual. Esta interferencia debilita los enlaces químicos transversales de la matriz y destruye la elasticidad de las paredes celulares de la miga.

Desde la perspectiva del control de calidad bajo la norma NTE INEN 2945, la escasez de cohesión en T4 compromete directamente la aceptabilidad organoléptica del pan de sándwich. Al perder consistencia interna, el producto se vuelve quebradizo, propenso al desmoronamiento acelerado y muestra una textura seca y arenosa en la masticación, lo que delimita técnicamente que el tratamiento T2 representa el equilibrio óptimo entre el enriquecimiento nutricional y la conservación de los atributos mecánicos tradicionales de la panificación comercial en la provincia de Carchi.

4.1.4. Análisis microbiológico del pan

Tabla 14. Recuento de mohos y levaduras en pan de molde

Requisito	Tratamientos				
	T0	T1	T2	T3	T4
Mohos y levaduras (UFC/g)	< 10 UFC/g	< 10 UFC/g	< 10 UFC/g	< 10 UFC/g	< 10 UFC/g

Nota: Valores expresados como < 10 UFC/g corresponden al límite de cuantificación estimado para la dilución 10^{-1} ante la presencia de conteos inferiores al rango estadístico de validación en placa (10-150 colonias), siguiendo las directrices de la norma NTE INEN 1529-10 (Control microbiológico de los alimentos. Mohos y levaduras viables) y en concordancia con los requisitos higiénico-sanitarios exigidos por la norma NTE INEN 2945 (Pan. Requisitos).

Los datos de la tabla 14 (dilución 10^{-1}), al ser interpretados bajo la metodología analítica de la norma NTE INEN 1529-10 (Control microbiológico de los alimentos. Mohos y levaduras viables), indican que los recuentos obtenidos por triplicado para los tratamientos (T0 a T4) se encuentran por debajo del límite mínimo de cuantificación estadística en placa (el cual exige entre 10 y 150 colonias). Al registrarse valores de 0 y 1 UFC, el resultado matemático real para la dilución sembrada se reporta formalmente como una estimación de poblaciones bajas, denotando un nivel de contaminación inicial prácticamente nulo.

Desde la perspectiva de la NTE INEN 2945 (Pan. Requisitos), que regula los criterios de calidad higiénico-sanitaria para este producto, estos resultados confirman que todas las formulaciones de pan de molde cumplen holgadamente con los límites máximos permitibles para estos microorganismos indicadores de alteración. La ausencia o mínima presencia de mohos y levaduras en los tratamientos formulados con harina de avena y almidón de papa demuestra que el choque térmico durante el horneado fue eficiente y que se mantuvieron estrictas condiciones de inocuidad post-proceso, asegurando una línea base estéril ideal para el posterior seguimiento de la vida útil del producto en percha.

4.1.5. Comportamiento reológico de las masas mediante Mixolab

El análisis de las propiedades mecánicas y térmicas de las masas compuestas se ejecutó mediante el simulador de procesos Mixolab, registrando de forma simultánea los fenómenos de consistencia, desnaturalización proteica, gelatinización amilácea y retrogradación bajo el protocolo estandarizado *Chopin+*.

Tabla 15. Parámetros cinéticos y transiciones de torque (Nm) de las masas en función de los tratamientos

Tratamiento/Lote	Estabilidad Proteica (C1-C2) (Minutos 1 a 17)	Pico de Gelatinización (C3) (Minutos 21 a 23)	Estabilidad de la Amilasa (C4) (Minutos 23 a 30)	Retrogradación del Almidón (C5) (Minutos 30 a 44)
T0 (R1, R2, R3) Control / Testigo	Máxima estabilidad estructural. Caída controlada por temperatura.	Torque elevado y nítido al minuto 22 (Control amiláceo estándar).	Meseta de viscosidad en caliente definida y consistente.	Curva ascendente pronunciada. Alta tasa de endurecimiento inicial.
T1 (R1, R2, R3) Sustitución Mínima	Perfil homólogo al control. Red de gluten sin afectación mecánica.	Pico definido al minuto 21 - 22. Gelatinización regular del trigo.	Descenso marginal de torque por plastificación amilácea.	Conserva la tendencia de retrogradación del trigo refinado.
T2 (R1, R2, R3) Sustitución Equilibrada	Estabilidad intermedia. Coexistencia de matrices coloidales.	Pico atenuado y sinérgico al minuto 23. Absorción equilibrada.	Estabilización de la viscosidad por interacción lipídica.	Curva de retrogradación suavizada (Miga con frescura prolongada).
T3 (R1, R2, R3) Sustitución Intermedia	Debilitamiento temprano de la red elástica de la masa.	Curva aplanada y tardía hacia el minuto 22. Menor consistencia.	Fluctuaciones por competencia de agua libre en el sistema.	Reducción de la contracción de geles en frío.
T4 (R1, R2, R3) Sustitución Máxima	Fase elástica reducida por dilución severa del gluten.	Pico mínimo y achatado al minuto 21. Baja resistencia del gel.	Viscosidad en caliente deprimida por dilución macromolecular.	Mínima retrogradación (Miga compacta pero elásticamente débil).

Fase de Estructuración y Debilitamiento de la Red Proteica (Fase I: Minutos 1 a 17)

Las curvas reológicas correspondientes a la primera fase termomecánica del Mixolab permiten caracterizar el comportamiento del complejo proteico de la masa durante el amasado isotérmico inicial y el posterior incremento de temperatura. En los lotes experimentales del pan control (T0) y el tratamiento de sustitución mínima (T1), en sus tres respectivas repeticiones (R1, R2 y R3), se observó una estabilidad estructural prolongada con un torque de consistencia máximo (C1) elevado. Este fenómeno refleja la formación eficiente de la red viscoelástica de gluten, debido a la acción cooperativa de las fracciones de gliadina y glutenina nativas del trigo refinado.

Sin embargo, a medida que el vector de sustitución avanza hacia las formulaciones funcionales intermedias y superiores (T2, T3 y T4), las curvas experimentan una reducción sistemática en el tiempo de estabilidad y una aceleración en el índice de debilitamiento proteico por calor (C2). Esta transición reológica se debe a un fenómeno de dilución macro-proteica: al incorporar harina de avena integral y

almidón de papa, se reduce la densidad molecular del gluten por unidad de volumen de masa.

Asimismo, la presencia de las globulinas de la avena (avenalinas), al carecer de la capacidad espacial para formar enlaces disulfuro intermoleculares, interfiere físicamente en el estiramiento de las láminas de gluten, debilitando la masa durante la transición térmica de los 17 primeros minutos y reduciendo la retención inicial de gas.

Fase de Gelatinización Amilácea y Viscosidad Máxima en Caliente (Fase II: Minutos 17 a 30)

Esta etapa del perfil Mixolab evalúa los cambios físicos que experimentan los gránulos de almidón al someterse a un gradiente térmico ascendente, donde la absorción de agua libre y el hinchamiento celular gobiernan la consistencia del sistema (Pico C3).

- En las muestras T0 y T1, las réplicas evidenciaron de forma consistente un pico de torque agudo y definido entre los minutos 21 y 22. Esto representa el comportamiento de gelatinización típico del almidón de trigo, el cual rompe su estructura cristalina liberando amilosa lineal al medio coloidal.
- En el tratamiento de sustitución equilibrada T2 (R1, R2, R3), el pico máximo de torque se registró de forma atenuada y ligeramente desplazada hacia el minuto 23. Este retraso controlado es una evidencia fisicoquímica de la competencia por el agua entre los polímeros del almidón de trigo residual y los hidrocoloides naturales del almidón de papa introducido.
- Finalmente, en las formulaciones de alta sustitución T3 y, fundamentalmente, en la sustitución máxima T4, las curvas reológicas mostraron perfiles notablemente deprimidos, aplanados y bajos en el minuto 21.

La drástica caída del torque en C3 para T4 indica que la gran afinidad de hidratación del almidón de papa purificado, sumado al aporte de lípidos libres y polares propios de la avena integral, modifica la cinética de empaquetamiento amiláceo. Las grasas de la avena forman complejos de inclusión con la amilosa (complejos amilosa-lípido), restringiendo físicamente la salida del polímero desde el interior del gránulo. Como consecuencia directa, disminuye la viscosidad máxima en caliente de la masa, lo que repercute estructuralmente en la obtención de un pan de molde con alvéolos más densos y una menor expansión volumétrica terminal.

Fase de Retrogradación y Estabilización en Frío (Fase III: Minutos 30 a 44)

La sección final de los diagramas del Mixolab monitoriza el comportamiento de la masa durante el periodo de enfriamiento controlado, fase donde la amilosa libre experimenta una reorganización molecular por puentes de hidrógeno, iniciando la recristalización o retrogradación del almidón (Pico C5), evento que correlaciona directamente con el endurecimiento de la miga en el almacenamiento.

Los resultados analíticos de las réplicas del lote testigo T0 exhibieron la pendiente de ascenso más pronunciada, alcanzando los valores de torque más altos al final del ciclo (minuto 44). Esto demuestra la alta susceptibilidad del almidón de trigo puro a retrogradar rápidamente, lo que aceleraría el proceso de envejecimiento comercial del pan de molde.

Por el contrario, los perfiles terminales de los tratamientos con harinas alternativas con especial énfasis en el comportamiento simétrico de las réplicas de T2 y T4 mostraron curvas de estabilidad en frío suavizadas y mesetas de torque significativamente más bajas. Este fenómeno reológico posee un alto valor tecnológico para el desarrollo del producto terminado. La incorporación coordinada de almidón de papa modula la red de amilosa debido a la geometría empaquetada de sus fosfatos nativos, mientras que las cadenas ramificadas de la amilopectina de la avena retrasan la velocidad de reordenamiento cristalino.

En consecuencia, el Mixolab demuestra científicamente que la co-sustitución binaria evaluada posee un efecto protector contra la sinéresis y la dureza prematura de la miga, garantizando una textura más elástica, jugosa y con una vida útil potencial superior en percha.

4.1.6. Evaluación sensorial y aceptabilidad afectiva del pan de molde

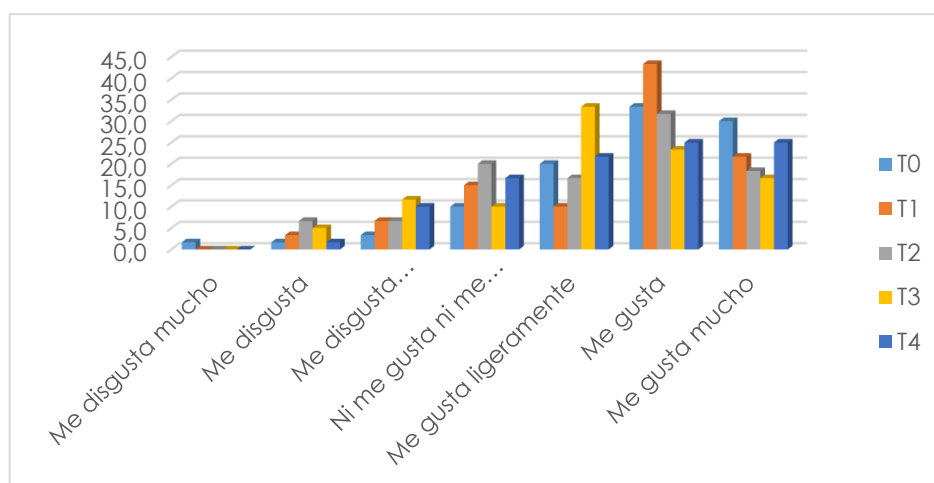


Figura 2. Apariencia Visual (Color y aspecto)

Según el gráfico, los tratamientos con porcentajes de sustitución más bajos (por ejemplo, T0 y T1) concentran la mayor cantidad de aceptaciones en las áreas de "Me gusta" y "Me gusta mucho", respectivamente, superando el 30% y el 40% de las menciones. A medida que se añaden harinas alternativas en los tratamientos T3 y T4, la percepción de los jueces cambia drásticamente a calificaciones intermedias, como "Me gusta un poco" o "Ni me gusta ni me disgusta". Esto significa que cambiar el color y la apariencia visual afecta directamente la aceptabilidad del cliente final en comparación con el pan de control.

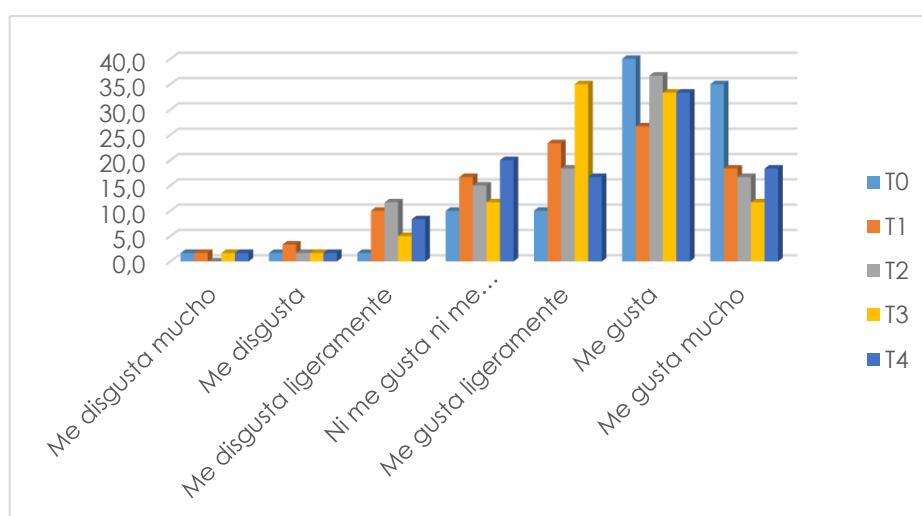


Figura 3. Olor/Aroma (Aroma y frescura)

En particular, los datos del gráfico muestran una aceptación significativa tanto del tratamiento de control (T0) como del tratamiento T2, especialmente en el área de "Me gusta", donde tiene alrededor o por encima del 35% de su porcentaje. En contraste, la adición de harinas alternativas conduce a un comportamiento específico en T3 y T4; mientras que T3 mantiene una preferencia muy pronunciada en niveles intermedios como "Me gusta un poco" (superando el 35%), el tratamiento con el mayor nivel de sustitución (T4) es capaz de mantener un porcentaje competitivo en "Me gusta mucho" y "Me gusta", lo que sugiere que la adición de avena y almidón de papa altera el perfil aromático y la percepción de frescura sin generar un rechazo crítico por parte de sus jueces.

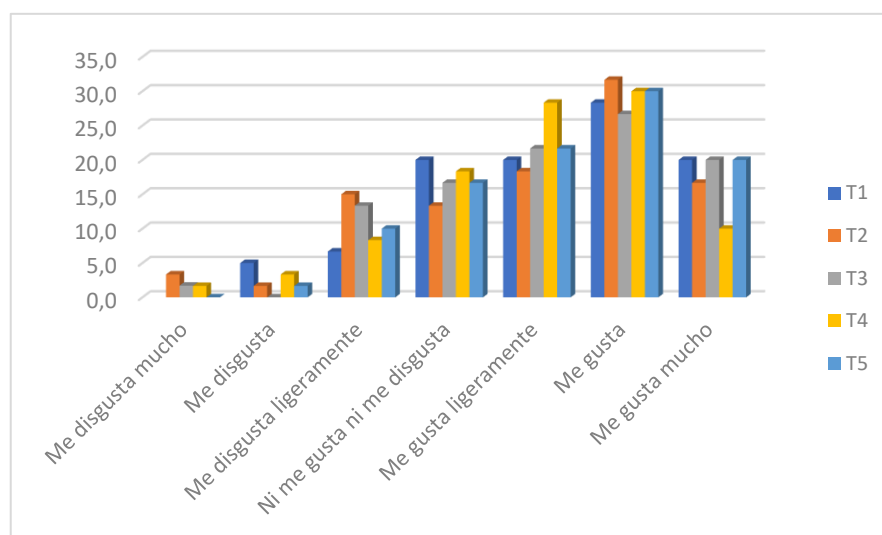


Figura 4. Sabor (Equilibrio de sabores)

Las respuestas de los evaluadores reflejan una tendencia positiva generalizada, concentrando la mayor cantidad de menciones en las categorías de aceptación como "Me gusta" y "Me gusta ligeramente", donde prácticamente todos los tratamientos superan el 20% o 30% de las valoraciones. Destaca particularmente que las formulaciones con sustitución logran competir favorablemente con el pan control (Series1), manteniéndose firmes en las opciones "Me gusta" y "Me gusta mucho", lo cual demuestra que la combinación de almidón de papa y harina de avena logra un equilibrio de sabores agradable al paladar sin generar rechazos significativos por parte de los jueces.

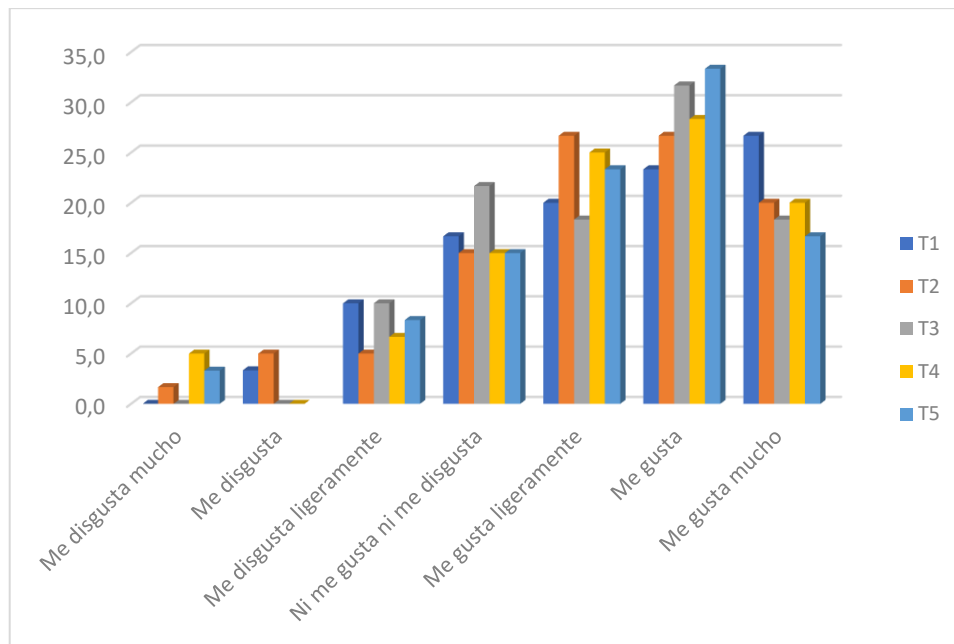


Figura 5. Textura (Suavidad y esponjosidad)

Los resultados reflejan una excelente aceptación en cuanto a los atributos físicos percibidos, concentrando la mayor proporción de las respuestas en las categorías "Me gusta" y "Me gusta ligeramente", donde varios tratamientos alcanzan o superan el 25% y 30% de las valoraciones. Destaca el hecho de que las formulaciones con sustitución (T1 a T4) no solo compiten de manera directa con el pan control (T0) en las opciones de mayor agrado, sino que el tratamiento Series5 muestra el pico más alto de preferencia en la categoría "Me gusta" (superando el 30%). Esto demuestra de forma clara que la incorporación de almidón de papa y harina de avena logra preservar, e incluso favorecer en ciertos niveles, las características de suavidad y esponjosidad deseadas en la miga del pan de molde.

4.2. DISCUSIÓN

Los resultados demostraron que la sustitución parcial de harina de trigo con harina de avena y almidón de papa afectó significativamente las propiedades fisicoquímicas del pan de sándwich. Se observó un aumento gradual del contenido de proteína con el aumento del porcentaje de sustitución, alcanzando los valores más altos en el tratamiento T4. Estos hallazgos coinciden con lo reportado por Rodríguez y Avellaneda (2020), quienes informaron que el contenido de proteína aumentó notablemente con la introducción de materias primas alternativas en productos

horneados. El aumento de proteína se debe principalmente al aporte nutricional de la harina de avena, que contiene más proteína que la harina de trigo refinada.

Este comportamiento corresponde a lo señalado por Padilla y Robles (2025), quienes señalaron que la avena tiene proteínas de buena calidad biológica y, por lo tanto, puede mejorar el perfil nutricional de los alimentos producidos mediante sustitución parcial. En términos de contenido de cenizas, los datos indicaron un aumento progresivo desde el tratamiento de control hasta los tratamientos con la incorporación de avena y almidón de papa. Estos comportamientos reflejan un mayor contenido mineral en el producto final. Los resultados son consistentes con los reportados por Mueez et al. (2023), quienes mencionaron que la harina de avena tiene más minerales que la harina de trigo, lo que se consideró para enriquecer el contenido nutricional de los productos horneados.

Las diferencias fueron insignificantes entre los tratamientos con respecto a la humedad, permaneciendo en casi el mismo rango. La sustitución parcial no tuvo un efecto significativo en la capacidad de retención de agua de las formulaciones, como muestra este comportamiento. Estos resultados están de acuerdo con los hallazgos de Mueez et al. (2023), quienes sugirieron que el almidón de papa tiene una alta capacidad de absorción y retención de agua, lo que ayuda a estabilizar el producto. En términos de pH, los tratamientos estaban cerca de la neutralidad y se observaron ligeras reducciones cuando ocurrió una mayor proporción de sustitución.

Este comportamiento es consistente con Hanna Instruments (2022), quienes observan que ligeras diferencias en la composición de las mezclas pueden cambiar el pH sin cambiar los procesos de fermentación o la estabilidad microbiológica del pan. En cuanto a la fibra, los resultados mostraron mejoras en los tratamientos con sustitución parcial, mostrando una mejora en el valor funcional del producto. Estos resultados están de acuerdo con los resultados de Cabrera y Benavides (2023), quienes demostraron aumentos sustanciales en la fibra dietética cuando se agregaron diferentes harinas en productos horneados. Además, el alto contenido de harina de avena, que se basa en β -glucanos y fibra soluble, explica el aumento en el contenido de fibra.

Padilla y Robles (2025) enfatizan que estos compuestos no solo mejoran la composición nutricional del alimento, sino que también tienen el potencial de ser beneficiosos fisiológicamente en términos de bienestar cardiovascular y digestivo.

Desde una perspectiva microbiológica, los niveles de mohos y levaduras fueron adecuados y en un rango aceptable para productos alimenticios horneados. Esto sugiere que una reducción parcial de harina de trigo por harina de avena y almidón de papa no comprometió la seguridad y estabilidad microbiológica del producto final durante el tiempo de evaluación.

La textura de la miga cambió con el aumento del nivel de sustitución, como consecuencia de cambiar las propiedades reológicas. Estos cambios están conectados a la reducción progresiva del contenido de gluten en la formulación. Los resultados están de acuerdo con Parada y Araya (2020), quienes afirman que un menor contenido de gluten tiene una correlación directa con la elasticidad, extensibilidad y capacidad de retención de gas de la masa. Los análisis de dureza demostraron una variedad de resultados de los tratamientos que fueron adaptados, indicativos de cambios estructurales en la red de proteínas del pan.

Estos hallazgos también fueron descritos por Pinzón y López (2024), quienes observaron que una alta sustitución causó un aumento en la dureza y modificaciones en la estructura interna del pan horneado. Aunque se observaron diferencias en la reología, se introdujo almidón de papa para mantener las propiedades de textura deseadas, particularmente en términos de suavidad de la miga. Estos resultados corroboran lo que Solarte y Díaz (2020) habían sugerido, que el almidón de papa aumenta la textura y la retención de humedad, favoreciendo que el pan esté más fresco en almacenamiento. La evaluación sensorial mostró que los panelistas mostraron una aceptación positiva.

Los atributos de color, aroma, sabor y textura recibieron buenas calificaciones en la mayoría de los tratamientos, indicando que la sustitución parcial no se asoció con un rechazo significativo. Estos resultados se alinean con Chamorro y Natividad (2023), quienes encontraron una aceptación adecuada de los panes producidos con el uso de harinas alternativas. Especialmente, ciertas características de sabor y textura mostraron una alta aceptación en tratamientos con mayores tasas de sustitución. Esto indica que el uso de harina de avena y almidón de papa combinados permitió la preservación de las propiedades organolépticas del pan para estar en buen acuerdo con el pan convencional, beneficiando connotaciones favorables.

Se reafirma la viabilidad de mejorar el perfil nutricional del pan de sándwich sin afectar su aceptabilidad. En consecuencia, Rodríguez y Avellaneda (2020)

concluyen que una sustitución bien formulada proporciona una mejora en nutrientes, como proteínas, fibra y minerales, sin ninguna influencia adversa en el aspecto sensorial del producto. Como aspecto general, encontramos que, al reemplazar parcialmente la harina de trigo con harina de avena y almidón de papa, se pueden lograr panes de sándwich mejorados tanto en propiedades nutricionales como tecnológicas. Los hallazgos confirmaron los marcos teóricos y empíricos discutidos en la literatura, mostrando que el uso/aplicación regulada de ingredientes alternativos puede producir productos funcionales, con los que los consumidores están contentos, y que pueden ser adecuados en la industria de la panificación.

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

- Se determinó que la sustitución parcial de harina de trigo por harina de avena y almidón de papa modificó favorablemente las propiedades fisicoquímicas del pan tipo molde. Los tratamientos con mayores niveles de sustitución presentaron incrementos en los contenidos de proteína, fibra y cenizas, evidenciando una mejora en el valor nutricional del producto. Además, los parámetros de humedad y pH se mantuvieron dentro de rangos adecuados para la elaboración de productos panificados, demostrando que la incorporación de estos ingredientes alternativos no afectó negativamente la estabilidad y calidad fisicoquímica del pan.
- La sustitución parcial de harina de trigo por harina de avena y almidón de papa influyó en las propiedades reológicas de la masa y del pan tipo molde, debido principalmente a la reducción del contenido de gluten. Se observaron cambios en la textura y estructura de la miga conforme aumentó el nivel de sustitución; sin embargo, el almidón de papa contribuyó a mejorar la retención de humedad y a mantener una textura aceptable. En consecuencia, se comprobó que es posible obtener panes con características reológicas adecuadas mediante niveles controlados de sustitución.
- Los análisis microbiológicos evidenciaron que todos los tratamientos presentaron recuentos de mohos y levaduras dentro de los límites permitidos, garantizando la inocuidad y estabilidad del producto elaborado. Asimismo, la evaluación sensorial mostró una aceptación favorable de los panes formulados con harina de avena y almidón de papa, obteniéndose valoraciones positivas en color, aroma, sabor y textura. Estos resultados demuestran que la sustitución parcial propuesta permite desarrollar un pan tipo molde seguro, nutritivo y con adecuada aceptación por parte de los consumidores.

- El tratamiento T2 fue identificado como la formulación óptima para la elaboración de pan de molde mediante sustitución parcial de harina de trigo por harina de avena y almidón de papa, debido a que logró incrementar el contenido de proteína (8,72%) respecto al control (7,42%), mantuvo valores adecuados de humedad y acidez, presentó la mayor cohesividad de la miga (0,503), una de las menores durezas (1007,33 g), mostró un comportamiento reológico favorable en Mixolab con menor retrogradación del almidón y prolongación potencial de la frescura del producto, además de registrar una elevada aceptación sensorial en aroma, sabor y textura. Estos resultados evidencian que T2 representa el mejor equilibrio entre valor nutricional, propiedades tecnológicas, estabilidad estructural y aceptación del consumidor.

5.2. RECOMENDACIONES

- Para futuras investigaciones y a la industria panadera, se recomienda continuar explorando diferentes niveles de sustitución de harina de trigo por harina de avena y almidón de papa, con el fin de optimizar el contenido de proteína, fibra y minerales del pan tipo molde. Asimismo, se sugiere evaluar otros ingredientes funcionales que complementen el valor nutricional del producto sin afectar sus propiedades fisicoquímicas.
- Se recomienda establecer porcentajes de sustitución moderados que permitan conservar las propiedades reológicas deseables de la masa y del pan, especialmente aquellas relacionadas con la elasticidad, volumen y textura. Además, es conveniente realizar estudios adicionales sobre mejoradores panarios o hidrocoloides que compensen la disminución de gluten y contribuyan a optimizar la calidad tecnológica del producto final.
- Se recomienda mantener estrictos controles de higiene y buenas prácticas de manufactura durante el proceso de elaboración y almacenamiento del pan tipo molde para garantizar su calidad microbiológica. De igual manera, se sugiere realizar evaluaciones sensoriales con un mayor número de consumidores y diferentes segmentos de mercado para validar la aceptación del producto y fortalecer su potencial de comercialización.

VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arias, J. (2021). *Diseño y metodología de la investigación* (primera ed.). (C. EIRL, Ed.) Arequipa: Enfoques Consulting EIRL. doi:https://gc.scalahed.com/recursos/files/r161r/w26022w/Arias_S2.pdf
- Astiz et al. (2023). Propiedades fisicoquímicas de harinas de trigo y avena de alta calidad panadera. *Revista de la Facultad de Agronomía*, 121(2), 1-20. doi:<https://doi.org/10.24215/16699513e113>
- Astiz, V. (2023). *Harinas de avena enriquecidas con beta-glucanos como ingredientes nutricionales para panes de diferentes variedades de trigos argentinos*. Universidad Nacional de La Plata. doi:<https://doi.org/10.35537/10915/156977>
- Chamorro et al. (2023). Evaluación de las características fisicoquímicas y sensoriales del pan de molde enriquecido con Kiwicha (*Amaranthus caudatus* L.) y Cañihua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen). *Revista Colombiana de Investigaciones Agroindustriales*, 10(2), 102-116. doi:<http://dx.doi.org/10.23850/24220582.5943>
- Gómez, E. (2025). *Harinas sucedáneas en panificación: fuentes, funciones, importancia, influencia en la calidad nutricional de los panes*. Universidad Nacional de Educación Enrique Guzmán y Valle. doi:<https://repositorio.une.edu.pe/handle/20.500.14039/12758>
- Guerra y Naranjo. (2020). La formación investigativa en los estudiantes de licenciatura en Educación Básica. Caso Universidad Técnica del Norte, Ecuador. *Delectus - Revista científica*, 3(3), 67-80.
- Guzmán, S. (2025). *Elaboración de pan de harina de centeno, avena fortificado con chía*. Universidad Galileo de Guatemala. doi:<http://hdl.handle.net/123456789/2098>
- Hernández, R. (2023). *Metodología de la Investigación. Las Rutas Cuantitativas, Cualitativas y Mixtas*. McGraw-Hill. doi:<https://www.libreria-universomedico.com/products/hernandez-sampieri-roberto-metodologia-de-la-investigacion-las-rutas-cuantitativas-cualitativas-y-mixtas-2a-edi-2023-novedad-novedad-novedad>
- Huang et al. (2022). La incorporación de harina de quinua desgrasada afecta la digestión in vitro del almidón, la cocción y las propiedades reológicas de los fideos de trigo. *Revista de Ciencia de los Cereales*, 108(1), 1-12. doi:<https://doi.org/10.1016/j.jcs.2022.103542>

- OMS. (2021). *Inocuidad de los alimentos*. Centro de prensa. doi:<https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/food-safety>
- ONU. (2025). *Objetivos de Desarrollo Sostenible*. Agenda 2030 sobre el Desarrollo Sostenible. doi:<https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/cities/>
- Padilla et al. (2024). *Efecto en las propiedades reológicas y texturales de pan elaborado a base de harina de trigo y harina de mijo tratada térmicamente*. Universidad de Sonora. doi:<https://doi.org/10.18633/biotecnia.v26.2214>
- Rodríguez et al. (2019). Metodología para la formulación de proyectos de carrera en el sistema de educación superior. Experiencia de aplicación. *Revista Electrónica Educare (Educare Electronic Journal)*, 23(1), 1-22. doi:<https://www.scielo.sa.cr/pdf/ree/v23n1/1409-4258-ree-23-01-367.pdf>
- Rodríguez, Y. (2021). *Metodología de la investigación*. Klik Soluciones educativas. doi:<https://eltimonlibreria.com/libro/metodologia-de-la-investigacion-9786078682225>
- Suárez et al. (2024). *Evaluación sensorial y fisicoquímica de pan de molde con sustitución parcial de harina de trigo por harina de arroz*. CININGEC. doi:<https://revistas.utb.edu.ec/index.php/sr/article/view/3639>
- Trejo et al. (2024). Almidón, una plataforma versátil en la industria. *Revista Boliviana de Química*, 41(1), 44-51. doi:<https://doi.org/10.34098/2078-3949.41.1.6>
- Vásquez et al. (2021). Efecto del tratamiento térmico en harina de avena utilizada en la sustitución de harina de trigo para la elaboración de pan. *Biotecnia*, 23(2), 55-64. doi:<https://doi.org/10.18633/biotecnia.v23i2.1388>
- Vizcaíno et al. (2023). Metodología de la investigación científica: guía práctica. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 7(4), 9723-9762. doi:https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v7i4.7658

VII. ANEXOS

Anexo 1. Certificado del abstract por parte del CIDEN



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA ESTATAL DEL CARCHI FOREIGN AND
NATIVE LANGUAGES CENTER

ABSTRACT- EVALUATION SHEET				
NAME: Guamá Puenayán Edith Jacqueline and García Landázuri Jacqueline Alexandra				
DATE: Monday, June 8, 2026.				
Topic: "Effect of partially replacing wheat flour with oat flour and potato starch on the physicochemical, sensory, and rheological properties of a loaf-style bread"				
MARKS AWARDED		QUANTITATIVE AND QUALITATIVE		
VOCABULARY AND WORD USE	Use new learnt vocabulary and precise words related to the topic	Use a little new vocabulary and some appropriate words related to the topic	Use basic vocabulary and simplistic words related to the topic	Limited vocabulary and inadequate words related to the topic
	EXCELLENT: 2 ☐	GOOD: 1,5 ☐	AVERAGE: 1 ☐	LIMITED: 0,5 ☐
WRITING COHESION	Clear and logical progression of ideas and supporting paragraphs.	Adequate progression of ideas and supporting paragraphs.	Some progression of ideas and supporting paragraphs.	Inadequate ideas and supporting paragraphs.
De	EXCELLENT: 2 ☐	GOOD: 1,5 ☐	AVERAGE: 1 ☐	LIMITED: 0,5 ☐
ARGUMENT	The message has been communicated very well and identified the type of text	The message has been communicated appropriately and identified the type of text	Some of the messages have been communicated and the type of text is little confusing	The message hasn't been communicated, and the type of text is inadequate
	EXCELLENT: 2 ☐	GOOD: 1,5 ☐	AVERAGE: 1 ☐	LIMITED: 0,5 ☐
CREATIVITY	Outstanding flow of ideas and events	Good flow of ideas and events	Average flow of ideas and events	Poor flow of ideas and events
	EXCELLENT: 2 ☐	GOOD: 1,5 ☐	AVERAGE: 1 ☐	LIMITED: 0,5 ☐
SCIENTIFIC SUSTAINABILITY	Reasonable, specific and supportable opinion or thesis statement	Minor errors when supporting the thesis statement	Some errors when supporting the thesis statement	Lots of errors when supporting the thesis statement
	EXCELLENT: 2 ☐	GOOD: 1,5 ☐	AVERAGE: 1 ☐	LIMITED: 0,5 ☐
TOTAL/AVERAGE		TOTAL 9		
9 - 10: EXCELLENT 7 - 8,9: GOOD 5 - 6,9: AVERAGE 0 - 4,9: LIMITED				



**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA ESTATAL DEL
CARCHI- FOREIGN AND NATIVE LANGUAGES
CENTER**

**Informe sobre el Abstract de Artículo Científico
o Investigación.**

Autor: Guamá Puenayán Edith Jacqueline and García Landázuri Jacqueline Alexandra

Fecha de recepción del abstract: Viernes, 05 de junio de 2026

Fecha de entrega del informe: Lunes, 08 de junio de 2026

El presente informe validará la traducción del idioma español al inglés si alcanza un porcentaje de: 9 – 10 Excelente.

Si la traducción no está dentro de los parámetros de 9 – 10, el autor deberá realizar las observaciones presentadas en el ABSTRACT, para su posterior presentación y aprobación.

Observaciones:

Después de realizar la revisión del presente abstract, éste presenta una apropiada traducción sobre el tema planteado en el idioma inglés. Según la rúbrica de evaluación de la traducción en inglés, ésta alcanza un valor de 9; por lo cual se valida dicho trabajo.

Atentamente



MA. Martha Viveros
RESPONSABLE CIDEN

Anexo 2. Proceso de elaboración del pan de molde y análisis en laboratorio



Figura 8. Materia prima del pan



Figura 9. Pesado de las harinas



Figura 11. Mezclado y amasado de la masa



Figura 10. Leudado de la masa



Figura 6. Horneado del pan



Figura 7. Producto terminado



Figura 12. Determinación de Fibra

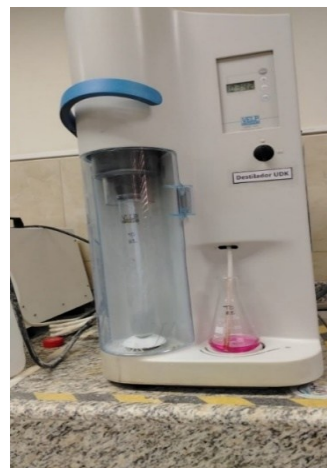


Figura 13. Determinación de Proteína



Figura 14. Determinación de Textura



Figura 15. Determinación de Acidez



Figura 16. Determinación de Mohos y levaduras



Figura 17. Aplicación sensorial

Anexo 3. Análisis estadísticos de los tratamientos

Analysis For Currently Loaded Data
Report Template For Selected Data: Pan trigo avena//3

Tension Calculations	First Cycle Calculations	Second Cycle Calculations
☐ Peak Load	☒ Hardness 1537 g	☒ Hardness 1247 g
☐ Deformation at Peak Load	☒ Deformation at Hardness 14,951 mm	☒ Hardness Work Done 44,6 mJ
☒ Sample Length	☒ % Deformation at Hardness 26,9 %	☒ Cohesiveness 0,44
☐ Work	☒ Sample Length 55,57 mm	☒ Recoverable Deformation 41,804 mm
☐ Final Load	☒ Hardness Work Done 100,4 mJ	☒ Recoverable Work Done 10,4 mJ
☒ Mean Load between	☒ Recoverable Deformation 5,128 mm	☒ Total Work Done 55 mJ
Start Time: 0 s	☒ Recoverable Work Done 13 mJ	☒ Springiness 10,799 mm
End Time: 0 s	☒ Total Work Done 113,4 mJ	☒ Springiness Index 0,72
	☒ Rigidity at 0 mm 0 g	☒ Gumminess 683 g
	☐ Distance	☒ Chewiness 72,3 mJ
	☐ % Deformation	☒ Chewiness Index 491 g
	☒ Rigidity at 0 mm 0 g	☒ Corrected Cohesiveness 0,39
	☐ Distance	☒ Corrected Gumminess 600 g
	☐ % Deformation	☒ Corrected Chewiness 63,6 mJ
	☐ Relaxation Time	
	Fracture Calculations	Other Calculations
	Sensitivity: 0 % of load	☒ Average Peak Load 1392 g
	☒ Quantity of Fractures 0	☒ Mean Load between 31 g
	☒ Fracturability 1537 g	Start Time: 0 s
	☒ 1st Fracture Load Drop Off 1540 g	End Time: 0 s
	☒ Show fracture(s) at X % of load sensitivity	
	☒ 1st Fracture Work Done 99,8 mJ	
	☒ 1st Fracture Deformation 14,951 mm	
	☒ 1st Fracture % Deformation 26,9 %	

Figura 18. Tratamiento 0 Rep. 1

Analysis For Currently Loaded Data
Report Template For Selected Data: Pan trigo avena//4

Tension Calculations	First Cycle Calculations	Second Cycle Calculations
☐ Peak Load	☒ Hardness 2511 g	☒ Hardness 2069 g
☐ Deformation at Peak Load	☒ Deformation at Hardness 14,971 mm	☒ Hardness Work Done 46,5 mJ
☒ Sample Length	☒ % Deformation at Hardness 29,5 %	☒ Cohesiveness 0,47
☐ Work	☒ Sample Length 50,78 mm	☒ Recoverable Deformation 44,776 mm
☐ Final Load	☒ Hardness Work Done 98 mJ	☒ Recoverable Work Done 11,8 mJ
☒ Mean Load between	☒ Recoverable Deformation 3,528 mm	☒ Total Work Done 58,4 mJ
Start Time: 0 s	☒ Recoverable Work Done 14,6 mJ	☒ Springiness 9,697 mm
End Time: 0 s	☒ Total Work Done 112,6 mJ	☒ Springiness Index 0,65
	☒ Rigidity at 0 mm 30 g	☒ Gumminess 1192 g
	☐ Distance	☒ Chewiness 113,3 mJ
	☐ % Deformation	☒ Chewiness Index 775 g
	☒ Rigidity at 0 mm 30 g	☒ Corrected Cohesiveness 0,42
	☐ Distance	☒ Corrected Gumminess 1044 g
	☐ % Deformation	☒ Corrected Chewiness 99,3 mJ
	☐ Relaxation Time	
	Fracture Calculations	Other Calculations
	Sensitivity: 0 % of load	☒ Average Peak Load 2290 g
	☒ Quantity of Fractures 0	☒ Mean Load between 30 g
	☒ Fracturability 2511 g	Start Time: 0 s
	☒ 1st Fracture Load Drop Off 2518 g	End Time: 0 s
	☒ Show fracture(s) at X % of load sensitivity	
	☒ 1st Fracture Work Done 97,4 mJ	
	☒ 1st Fracture Deformation 14,971 mm	
	☒ 1st Fracture % Deformation 29,5 %	

Figura 19. Tratamiento 0 Rep. 2

Analysis For Currently Loaded Data

Report Template For Selected Data: Pan trigo avena//5

Tension Calculations	First Cycle Calculations	Second Cycle Calculations
☐ Peak Load	☒ Hardness 1085 g	☒ Hardness 871 g
☐ Deformation at Peak Load	☒ Deformation at Hardness 14,914 mm	☒ Hardness Work Done 33 mJ
☒ Sample Length	☒ % Deformation at Hardness 26,9 %	☒ Cohesiveness 0,43
☐ Work	☒ Sample Length 55,42 mm	☒ Recoverable Deformation 40,276 mm
☐ Final Load	☒ Hardness Work Done 77,1 mJ	☒ Recoverable Work Done 7,4 mJ
☒ Mean Load between	☒ Recoverable Deformation 4,896 mm	☒ Total Work Done 40,5 mJ
Start Time: 0 s	☒ Recoverable Work Done 9,4 mJ	☒ Springiness 9,648 mm
End Time: 0 s	☒ Total Work Done 86,4 mJ	☒ Springiness Index 0,64
	☒ Rigidity at 0 mm 0 g	☒ Gumminess 465 g
	☒ Distance	☒ Chewiness 44 mJ
	☐ % Deformation	☒ Chewiness Index 298 g
	☒ Rigidity at 0 mm 0 g	☒ Corrected Cohesiveness 0,38
	☒ Distance	☒ Corrected Gumminess 410 g
	☐ % Deformation	☒ Corrected Chewiness 38,8 mJ
	☒ Fracture Calculations	Other Calculations
	Sensitivity: 0 % of load	☒ Average Peak Load 978 g
	☒ Quantity of Fractures 0	☒ Mean Load between 30 g
	☒ Fracturability 1085 g	Start Time: 0 s
	☒ 1st Fracture Load Drop Off 1088 g	End Time: 0 s
	☒ 1st Fracture Work Done 76,4 mJ	
	☒ 1st Fracture Deformation 14,914 mm	
	☒ 1st Fracture % Deformation 26,9 %	
	☒ Show fracture(s) at X % of load sensitivity	

Figura 20. Tratamiento 0 Rep. 3

Analysis For Currently Loaded Data

Report Template For Selected Data: Pan trigo avena//6

Tension Calculations	First Cycle Calculations	Second Cycle Calculations
☐ Peak Load	☒ Hardness 1216 g	☒ Hardness 1019 g
☐ Deformation at Peak Load	☒ Deformation at Hardness 14,948 mm	☒ Hardness Work Done 40,2 mJ
☒ Sample Length	☒ % Deformation at Hardness 27,9 %	☒ Cohesiveness 0,46
☐ Work	☒ Sample Length 53,54 mm	☒ Recoverable Deformation 42,567 mm
☐ Final Load	☒ Hardness Work Done 86,8 mJ	☒ Recoverable Work Done 10 mJ
☒ Mean Load between	☒ Recoverable Deformation 6,188 mm	☒ Total Work Done 50,2 mJ
Start Time: 0 s	☒ Recoverable Work Done 12,2 mJ	☒ Springiness 11,628 mm
End Time: 0 s	☒ Total Work Done 99 mJ	☒ Springiness Index 0,78
	☒ Rigidity at 0 mm 0 g	☒ Gumminess 563 g
	☒ Distance	☒ Chewiness 64,2 mJ
	☐ % Deformation	☒ Chewiness Index 439 g
	☒ Rigidity at 0 mm 0 g	☒ Corrected Cohesiveness 0,41
	☒ Distance	☒ Corrected Gumminess 493 g
	☐ % Deformation	☒ Corrected Chewiness 56,2 mJ
	☒ Fracture Calculations	Other Calculations
	Sensitivity: 0 % of load	☒ Average Peak Load 1118 g
	☒ Quantity of Fractures 0	☒ Mean Load between 31 g
	☒ Fracturability 1216 g	Start Time: 0 s
	☒ 1st Fracture Load Drop Off 1218 g	End Time: 0 s
	☒ 1st Fracture Work Done 86,2 mJ	
	☒ 1st Fracture Deformation 14,948 mm	
	☒ 1st Fracture % Deformation 27,9 %	
	☐ Show fracture(s) at X % of load sensitivity	

Figura 21. Tratamiento 1 Rep. 1

Analysis For Currently Loaded Data

Report Template For Selected Data: **Pan trigo avena//7**

Tension Calculations	First Cycle Calculations	Second Cycle Calculations
☐ Peak Load ☐ Deformation at Peak Load ☒ Sample Length ☐ Work ☐ Final Load ☒ Mean Load between Start Time: 0 s End Time: 0 s	☒ Hardness 1612 g ☒ Deformation at Hardness 14,946 mm ☒ % Deformation at Hardness 28 % ☒ Sample Length 53,45 mm ☒ Hardness Work Done 122,3 mJ ☒ Recoverable Deformation 6,775 mm ☒ Recoverable Work Done 16 mJ ☒ Total Work Done 138,4 mJ ☒ Rigidity at 0 mm 0 g ☒ Distance ☐ % Deformation ☒ Rigidity at 0 mm 0 g ☒ Distance ☐ % Deformation Fracture Calculations Sensitivity: 0 % of load ☒ Quantity of Fractures 0 ☒ Fracturability 1612 g ☒ 1st Fracture Load Drop Off 1613 g ☒ Show fracture(s) at X % of load sensitivity	☒ Load at Target 1544 g ☒ Deformation at Target 14,994 mm ☒ % Deformation at Target 28,1 % ☒ Apparent Modulus from 0 dyn/cm ² 0 % of slope to 0 % of slope ☒ Peak Stress 41077,1 dyn ☒ Strain at Peak Load 0,28 ☒ Adhesive Force 1 g ☒ Adhesiveness 0 mJ ☒ Resilience 0,13 ☒ Stringiness Length 19,9 mm ☒ Stringiness Work Done 0 mJ ☐ Relaxation Time ☒ Hardness 1243 g ☒ Hardness Work Done 50,4 mJ ☒ Cohesiveness 0,41 ☒ Recoverable Deformation 42,314 mm ☒ Recoverable Work Done 12,4 mJ ☒ Total Work Done 62,9 mJ ☒ Springiness 11,977 mm ☒ Springiness Index 0,8 ☒ Gumminess 664 g ☒ Chewiness 78 mJ ☒ Chewiness Index 532 g ☒ Corrected Cohesiveness 0,36 ☒ Corrected Gumminess 576 g ☒ Corrected Chewiness 67,7 mJ Other Calculations ☒ Average Peak Load 1428 g ☒ Mean Load between: 31 g Start Time: 0 s End Time: 0 s

Figura 22. Tratamiento 1 Rep. 2

Analysis For Currently Loaded Data

Report Template For Selected Data: **Pan trigo avena//8**

Tension Calculations	First Cycle Calculations	Second Cycle Calculations
☐ Peak Load ☐ Deformation at Peak Load ☒ Sample Length ☐ Work ☐ Final Load ☒ Mean Load between Start Time: 0 s End Time: 0 s	☒ Hardness 1692 g ☒ Deformation at Hardness 14,933 mm ☒ % Deformation at Hardness 26,8 % ☒ Sample Length 55,8 mm ☒ Hardness Work Done 126 mJ ☒ Recoverable Deformation 7,111 mm ☒ Recoverable Work Done 18,4 mJ ☒ Total Work Done 144,4 mJ ☒ Rigidity at 0 mm 0 g ☒ Distance ☐ % Deformation ☒ Rigidity at 0 mm 0 g ☒ Distance ☐ % Deformation Fracture Calculations Sensitivity: 0 % of load ☒ Quantity of Fractures 0 ☒ Fracturability 1692 g ☒ 1st Fracture Load Drop Off 1693 g ☒ Show fracture(s) at X % of load sensitivity	☒ Load at Target 1631 g ☒ Deformation at Target 14,995 mm ☒ % Deformation at Target 26,9 % ☒ Apparent Modulus from 0 dyn/cm ² 0 % of slope to 0 % of slope ☒ Peak Stress 43115,7 dyn ☒ Strain at Peak Load 0,27 ☒ Adhesive Force 1 g ☒ Adhesiveness 0 mJ ☒ Resilience 0,15 ☒ Stringiness Length 8,705 mm ☒ Stringiness Work Done 0 mJ ☐ Relaxation Time ☒ Hardness 1355 g ☒ Hardness Work Done 55,6 mJ ☒ Cohesiveness 0,44 ☒ Recoverable Deformation 39,836 mm ☒ Recoverable Work Done 14,4 mJ ☒ Total Work Done 70 mJ ☒ Springiness 11,664 mm ☒ Springiness Index 0,78 ☒ Gumminess 747 g ☒ Chewiness 85,4 mJ ☒ Chewiness Index 582 g ☒ Corrected Cohesiveness 0,38 ☒ Corrected Gumminess 649 g ☒ Corrected Chewiness 74,2 mJ Other Calculations ☒ Average Peak Load 1524 g ☒ Mean Load between: 31 g Start Time: 0 s End Time: 0 s

Figura 23. Tratamiento 1 Rep. 3

Analysis For Currently Loaded Data

Report Template For Selected Data: Pan trigo avena//10

Tension Calculations	First Cycle Calculations	Second Cycle Calculations
☐ Peak Load	☒ Hardness 1341 g	☒ Hardness 1082 g
☐ Deformation at Peak Load	☒ Deformation at Hardness 14,936 mm	☒ Hardness Work Done 50,6 mJ
☒ Sample Length	☒ % Deformation at Hardness 24,4 %	☒ Cohesiveness 0,6
☐ Work	☒ Sample Length 61,09 mm	☒ Recoverable Deformation 30,541 mm
☐ Final Load	☒ Hardness Work Done 84,3 mJ	☒ Recoverable Work Done 13,7 mJ
☒ Mean Load between	☒ Recoverable Deformation 8,299 mm	☒ Total Work Done 64,4 mJ
Start Time : 0 s	☒ Recoverable Work Done 17,9 mJ	☒ Springiness 13,03 mm
End Time : 0 s	☒ Total Work Done 102,2 mJ	☒ Springiness Index 0,87
	☒ Rigidity at 0 mm 0 g	☒ Gumminess 805 g
	☐ Distance	☒ Chewiness 102,9 mJ
	☐ % Deformation	☒ Chewiness Index 700 g
	☒ Rigidity at 0 mm 0 g	☒ Corrected Cohesiveness 0,55
	☐ Distance	☒ Corrected Gumminess 744 g
	☐ % Deformation	☒ Corrected Chewiness 95 mJ
	☐ % Deformation	
	Fracture Calculations	Other Calculations
	Sensitivity : 0 % of load	☒ Average Peak Load 1212 g
	☒ Quantity of Fractures 0	☒ Mean Load between 30 g
	☒ Fracturability 1341 g	Start Time : 0 s
	☒ 1st Fracture Load Drop Off 1344 g	End Time : 0 s
	☒ 1st Fracture Work Done 83,5 mJ	
	☒ 1st Fracture Deformation 14,936 mm	
	☒ 1st Fracture % Deformation 24,4 %	
	☒ Show fracture(s) at X % of load sensitivity	

Figura 24. Tratamiento 2 Rep. 1

Analysis For Currently Loaded Data

Report Template For Selected Data: Pan trigo avena//11

Tension Calculations	First Cycle Calculations	Second Cycle Calculations
☐ Peak Load	☒ Hardness 805 g	☒ Hardness 665 g
☐ Deformation at Peak Load	☒ Deformation at Hardness 14,928 mm	☒ Hardness Work Done 28,2 mJ
☒ Sample Length	☒ % Deformation at Hardness 24,7 %	☒ Cohesiveness 0,48
☐ Work	☒ Sample Length 60,35 mm	☒ Recoverable Deformation 31,649 mm
☐ Final Load	☒ Hardness Work Done 58,8 mJ	☒ Recoverable Work Done 8,1 mJ
☒ Mean Load between	☒ Recoverable Deformation 7,607 mm	☒ Total Work Done 36,3 mJ
Start Time : 0 s	☒ Recoverable Work Done 10,3 mJ	☒ Springiness 10,579 mm
End Time : 0 s	☒ Total Work Done 69,1 mJ	☒ Springiness Index 0,71
	☒ Rigidity at 0 mm 0 g	☒ Gumminess 386 g
	☐ Distance	☒ Chewiness 40,1 mJ
	☐ % Deformation	☒ Chewiness Index 274 g
	☒ Rigidity at 0 mm 0 g	☒ Corrected Cohesiveness 0,41
	☐ Distance	☒ Corrected Gumminess 334 g
	☐ % Deformation	☒ Corrected Chewiness 34,6 mJ
	☐ % Deformation	
	Fracture Calculations	Other Calculations
	Sensitivity : 0 % of load	☒ Average Peak Load 735 g
	☒ Quantity of Fractures 0	☒ Mean Load between 30 g
	☒ Fracturability 805 g	Start Time : 0 s
	☒ 1st Fracture Load Drop Off 806 g	End Time : 0 s
	☒ 1st Fracture Work Done 58,3 mJ	
	☒ 1st Fracture Deformation 14,928 mm	
	☒ 1st Fracture % Deformation 24,7 %	
	☒ Show fracture(s) at X % of load sensitivity	

Figura 25. Tratamiento 2 Rep. 2

Analysis For Currently Loaded Data

Report Template For Selected Data: Pan trigo avena//12

Tension Calculations	First Cycle Calculations	Second Cycle Calculations
☐ Peak Load	☒ Hardness 876 g	☒ Hardness 698 g
☐ Deformation at Peak Load	☒ Deformation at Hardness 14,92 mm	☒ Hardness Work Done 31,3 mJ
☒ Sample Length	☒ % Deformation at Hardness 25,1 %	☒ Cohesiveness 0,42
☐ Work	☒ Sample Length 59,33 mm	☒ Recoverable Deformation 32,564 mm
☐ Final Load	☒ Hardness Work Done 74,3 mJ	☒ Recoverable Work Done 8,5 mJ
☒ Mean Load between	☒ Recoverable Deformation 7,172 mm	☒ Total Work Done 39,8 mJ
Start Time : 0 s	☒ Recoverable Work Done 10,9 mJ	☒ Springiness 10,904 mm
End Time : 0 s	☒ Total Work Done 85,2 mJ	☒ Springiness Index 0,73
	☒ Rigidity at 0 mm 31 g	☒ Gumminess 369 g
	☒ Distance	☒ Chewiness 39,5 mJ
	☒ % Deformation	☒ Chewiness Index 269 g
	☒ Rigidity at 0 mm 31 g	☒ Corrected Cohesiveness 0,36
	☒ Distance	☒ Corrected Gumminess 316 g
	☒ % Deformation	☒ Corrected Chewiness 33,7 mJ
	☐ Relaxation Time	
	Fracture Calculations	Other Calculations
	Sensitivity : 0 % of load	☒ Average Peak Load 787 g
	☒ Quantity of Fractures 0	☒ Mean Load between 31 g
	☒ Fracturability 876 g	Start Time : 0 s
	☒ 1st Fracture Work Done 73,7 mJ	End Time : 0 s
	☒ 1st Fracture Deformation 14,92 mm	
	☒ 1st Fracture Load Drop Off 877 g	
	☒ 1st Fracture % Deformation 25,1 %	
	☒ Show fracture(s) at X % of load sensitivity	

Figura 26. Tratamiento 2 Rep. 3

Analysis For Currently Loaded Data

Report Template For Selected Data: Pan trigo avena//13

Tension Calculations	First Cycle Calculations	Second Cycle Calculations
☐ Peak Load	☒ Hardness 809 g	☒ Hardness 675 g
☐ Deformation at Peak Load	☒ Deformation at Hardness 14,904 mm	☒ Hardness Work Done 27,7 mJ
☒ Sample Length	☒ % Deformation at Hardness 24,3 %	☒ Cohesiveness 0,47
☐ Work	☒ Sample Length 61,34 mm	☒ Recoverable Deformation 33,918 mm
☐ Final Load	☒ Hardness Work Done 59,5 mJ	☒ Recoverable Work Done 7 mJ
☒ Mean Load between	☒ Recoverable Deformation 5,664 mm	☒ Total Work Done 34,7 mJ
Start Time : 0 s	☒ Recoverable Work Done 8,7 mJ	☒ Springiness 10,21 mm
End Time : 0 s	☒ Total Work Done 68,3 mJ	☒ Springiness Index 0,68
	☒ Rigidity at 0 mm 0 g	☒ Gumminess 376 g
	☒ Distance	☒ Chewiness 37,7 mJ
	☒ % Deformation	☒ Chewiness Index 256 g
	☒ Rigidity at 0 mm 0 g	☒ Corrected Cohesiveness 0,41
	☒ Distance	☒ Corrected Gumminess 329 g
	☒ % Deformation	☒ Corrected Chewiness 32,9 mJ
	☐ Relaxation Time	
	Fracture Calculations	Other Calculations
	Sensitivity : 0 % of load	☒ Average Peak Load 742 g
	☒ Quantity of Fractures 0	☒ Mean Load between 30 g
	☒ Fracturability 809 g	Start Time : 0 s
	☒ 1st Fracture Work Done 59 mJ	End Time : 0 s
	☒ 1st Fracture Deformation 14,904 mm	
	☒ 1st Fracture Load Drop Off 814 g	
	☒ 1st Fracture % Deformation 24,3 %	
	☒ Show fracture(s) at X % of load sensitivity	

Figura 27. Tratamiento 3 Rep. 1

Analysis For Currently Loaded Data

Report Template For Selected Data: Pan trigo avena//14

Tension Calculations	First Cycle Calculations	Second Cycle Calculations
☐ Peak Load	☒ Hardness 1021 g	☒ Hardness 896 g
☐ Deformation at Peak Load	☒ Deformation at Hardness 14,95 mm	☒ Hardness Work Done 37,5 mJ
☒ Sample Length	☒ % Deformation at Hardness 26,5 %	☒ Cohesiveness 0,56
☐ Work	☒ Sample Length 56,5 mm	☒ Recoverable Deformation 35,913 mm
☐ Final Load	☒ Hardness Work Done 67,3 mJ	☒ Recoverable Work Done 8,9 mJ
☒ Mean Load between	☒ Recoverable Deformation 5,792 mm	☒ Total Work Done 46,4 mJ
Start Time: 0 s	☒ Recoverable Work Done 10,4 mJ	☒ Springiness 11,647 mm
End Time: 0 s	☒ Total Work Done 77,7 mJ	☒ Springiness Index 0,78
	☒ Rigidity at 0 mm 0 g	☒ Gumminess 569 g
	☐ Distance	☒ Chewiness 65 mJ
	☐ % Deformation	☒ Chewiness Index 444 g
	☒ Rigidity at 0 mm 0 g	☒ Corrected Cohesiveness 0,5
	☐ Distance	☒ Corrected Gumminess 514 g
	☐ % Deformation	☒ Corrected Chewiness 58,7 mJ
	☒ Fracture Calculations	Other Calculations
	Sensitivity: 0 % of load	☒ Average Peak Load 959 g
	☒ Quantity of Fractures 0	☒ Mean Load between 31 g
	☒ Fracturability 1021 g	Start Time: 0 s
	☒ 1st Fracture Load Drop Off 1023 g	End Time: 0 s
	☒ 1st Fracture Work Done 66,9 mJ	
	☒ 1st Fracture Deformation 14,95 mm	
	☒ 1st Fracture % Deformation 26,5 %	
	☒ Show fracture(s) at X % of load sensitivity	

Figura 28. Tratamiento 3 Rep. 2

Analysis For Currently Loaded Data

Report Template For Selected Data: Pan trigo avena//19

Tension Calculations	First Cycle Calculations	Second Cycle Calculations
☐ Peak Load	☒ Hardness 1208 g	☒ Hardness 895 g
☐ Deformation at Peak Load	☒ Deformation at Hardness 14,952 mm	☒ Hardness Work Done 26,1 mJ
☒ Sample Length	☒ % Deformation at Hardness 29,4 %	☒ Cohesiveness 0,4
☐ Work	☒ Sample Length 50,91 mm	☒ Recoverable Deformation 41,505 mm
☐ Final Load	☒ Hardness Work Done 64,8 mJ	☒ Recoverable Work Done 7 mJ
☒ Mean Load between	☒ Recoverable Deformation 4,912 mm	☒ Total Work Done 33 mJ
Start Time: 0 s	☒ Recoverable Work Done 9,2 mJ	☒ Springiness 9,251 mm
End Time: 0 s	☒ Total Work Done 74 mJ	☒ Springiness Index 0,62
	☒ Rigidity at 0 mm 0 g	☒ Gumminess 486 g
	☐ Distance	☒ Chewiness 44 mJ
	☐ % Deformation	☒ Chewiness Index 301 g
	☒ Rigidity at 0 mm 0 g	☒ Corrected Cohesiveness 0,34
	☐ Distance	☒ Corrected Gumminess 414 g
	☐ % Deformation	☒ Corrected Chewiness 37,6 mJ
	☒ Fracture Calculations	Other Calculations
	Sensitivity: 0 % of load	☒ Average Peak Load 1052 g
	☒ Quantity of Fractures 0	☒ Mean Load between 30 g
	☒ Fracturability 1208 g	Start Time: 0 s
	☒ 1st Fracture Load Drop Off 1209 g	End Time: 0 s
	☒ 1st Fracture Work Done 64,3 mJ	
	☒ 1st Fracture Deformation 14,952 mm	
	☒ 1st Fracture % Deformation 29,4 %	
	☒ Show fracture(s) at X % of load sensitivity	

Figura 29. Tratamiento 3 Rep. 3

Analysis For Currently Loaded Data

Report Template For Selected Data: Pan trigo avena//16

Tension Calculations	First Cycle Calculations	Second Cycle Calculations
☐ Peak Load	☒ Hardness 1999 g	☒ Hardness 1530 g
☐ Deformation at Peak Load	☒ Deformation at Hardness 14,952 mm	☒ Hardness Work Done 44 mJ
☒ Sample Length	☒ % Deformation at Hardness 29,6 %	☒ Cohesiveness 0,34
☐ Work	☒ Sample Length 50,53 mm	☒ Recoverable Deformation 41,016 mm
☐ Final Load	☒ Hardness Work Done 131,1 mJ	☒ Recoverable Work Done 10,7 mJ
☒ Mean Load between	☒ Recoverable Deformation 3,647 mm	☒ Total Work Done 54,8 mJ
Start Time: 0 s	☒ Recoverable Work Done 14 mJ	☒ Springiness 9,219 mm
End Time: 0 s	☒ Total Work Done 145,1 mJ	☒ Springiness Index 0,61
	☒ Rigidity at 0 mm 0 g	☒ Gumminess 672 g
	☐ Distance	☒ Chewiness 60,7 mJ
	☐ % Deformation	☒ Chewiness Index 410 g
	☒ Rigidity at 0 mm 0 g	☒ Corrected Cohesiveness 0,28
	☐ Distance	☒ Corrected Gumminess 569 g
	☐ % Deformation	☒ Corrected Chewiness 51,5 mJ
	☒ Peak Stress 50938,7 dyn	Other Calculations
	☒ Strain at Peak Load 0,3	☒ Average Peak Load 1765 g
	☒ Adhesive Force 10 g	☒ Mean Load between 31 g
	☒ Adhesiveness 0,3 mJ	Start Time: 0 s
	☒ Resilience 0,11	End Time: 0 s
	☒ Stringiness Length 1,616 mm	
	☒ Stringiness Work Done 0,1 mJ	
	☐ Relaxation Time	
	Fracture Calculations	
	Sensitivity: 0 % of load	
	☒ Quantity of Fractures 0	
	☒ 1st Fracture Work Done 130,3 mJ	
	☒ Fracturability 1999 g	
	☒ 1st Fracture Deformation 14,952 mm	
	☒ 1st Fracture Load Drop Off 2009 g	
	☒ 1st Fracture % Deformation 29,6 %	
	☒ Show fracture(s) at X % of load sensitivity	

Figura 30. Tratamiento 4 Rep. 1

Analysis For Currently Loaded Data

Report Template For Selected Data: Pan trigo avena//17

Tension Calculations	First Cycle Calculations	Second Cycle Calculations
☐ Peak Load	☒ Hardness 1043 g	☒ Hardness 829 g
☐ Deformation at Peak Load	☒ Deformation at Hardness 14,938 mm	☒ Hardness Work Done 27,1 mJ
☒ Sample Length	☒ % Deformation at Hardness 28,6 %	☒ Cohesiveness 0,4
☐ Work	☒ Sample Length 52,25 mm	☒ Recoverable Deformation 39,283 mm
☐ Final Load	☒ Hardness Work Done 67,6 mJ	☒ Recoverable Work Done 6,8 mJ
☒ Mean Load between	☒ Recoverable Deformation 4,241 mm	☒ Total Work Done 33,9 mJ
Start Time: 0 s	☒ Recoverable Work Done 8,9 mJ	☒ Springiness 9,384 mm
End Time: 0 s	☒ Total Work Done 76,5 mJ	☒ Springiness Index 0,63
	☒ Rigidity at 0 mm 0 g	☒ Gumminess 418 g
	☐ Distance	☒ Chewiness 38,5 mJ
	☐ % Deformation	☒ Chewiness Index 263 g
	☒ Rigidity at 0 mm 0 g	☒ Corrected Cohesiveness 0,35
	☐ Distance	☒ Corrected Gumminess 361 g
	☐ % Deformation	☒ Corrected Chewiness 33,2 mJ
	☒ Peak Stress 26577,8 dyn	Other Calculations
	☒ Strain at Peak Load 0,29	☒ Average Peak Load 936 g
	☒ Adhesive Force 5 g	☒ Mean Load between 31 g
	☒ Adhesiveness 0,2 mJ	Start Time: 0 s
	☒ Resilience 0,13	End Time: 0 s
	☒ Stringiness Length 0,8 mm	
	☒ Stringiness Work Done 0 mJ	
	☐ Relaxation Time	
	Fracture Calculations	
	Sensitivity: 0 % of load	
	☒ Quantity of Fractures 0	
	☒ 1st Fracture Work Done 67,1 mJ	
	☒ Fracturability 1043 g	
	☒ 1st Fracture Deformation 14,938 mm	
	☒ 1st Fracture Load Drop Off 1048 g	
	☒ 1st Fracture % Deformation 28,6 %	
	☒ Show fracture(s) at X % of load sensitivity	

Figura 31. Tratamiento 4 Rep. 2

Anexo 4. Ficha de evaluación sensorial

10/6/26, 7:26 p.m.

EVALUACIÓN SENSORIAL - PAN DE HARINA DE TRIGO, HARINA DE AVENA Y ALMIDÓN DE PAPA*

EVALUACIÓN SENSORIAL - PAN DE HARINA DE TRIGO, HARINA DE AVENA Y ALMIDÓN DE PAPA"

19 mayo 2026

Determinar el grado de preferencia de diferentes muestras de pan evaluando apariencia visual, olor, sabor, textura y aceptabilidad global.
Instrucciones: Por favor, pruebe la muestra identificada con el código correspondiente y marque el nivel de agrado que mejor represente su opinión.

* Obligatoria

1. Tipo de participante *

- ☐ Estudiante
- ☐ Docente
- ☐ Administrativo

<https://forms.cloud.microsoft/Pages/DesignPageV2.aspx?subpage=design&token=f16ee76973ab46559ceab0bcc9e33693&id=yb5CCitz0UWXftu...> 1/4

2. Por favor, pruebe la muestra identificada con el código correspondiente y marque el nivel de agrado que mejor represente su opinión, utilizando la siguiente escala: (1: Me disgusta mucho | 2: Me disgusta ligeramente | 3: Me disgusta | 4: Ni me gusta ni me disgusta | 5: Me gusta | 6: Me gusta ligeramente | 7: Me gusta mucho)

EL PRODUCTO ES 315 *

	1	2	3	4	5	6	7
Apariencia Visual (Color y aspecto)	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Olor / Aroma (Aroma y frescura)	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Sabor (Equilibrio de sabores)	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Textura (Suavidad y esponjosidad)	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Aceptación Global (¿Le gusta el producto?)	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐

3. Por favor, pruebe la muestra identificada con el código correspondiente y marque el nivel de agrado que mejor represente su opinión, utilizando la siguiente escala: (1: Me disgusta mucho | 2: Me disgusta ligeramente | 3: Me disgusta | 4: Ni me gusta ni me disgusta | 5: Me gusta | 6: Me gusta ligeramente | 7: Me gusta mucho)

EL PRODUCTO ES 201 *

	1	2	3	4	5	6	7
Apariencia Visual (Color y aspecto)	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Olor / Aroma (Aroma y frescura)	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Sabor (Equilibrio de sabores)	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Textura (Suavidad y esponjosidad)	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Aceptación Global (¿Le gusta el producto?)	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐

4. Por favor, pruebe la muestra identificada con el código correspondiente y marque el nivel de agrado que mejor represente su opinión, utilizando la siguiente escala: (1: Me disgusta mucho | 2: Me disgusta ligeramente | 3: Me disgusta | 4: Ni me gusta ni me disgusta | 5: Me gusta | 6: Me gusta ligeramente | 7: Me gusta mucho)

EL PRODUCTO ES 140 *

	1	2	3	4	5	6	7
Apariencia Visual (Color y aspecto)	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Olor / Aroma (Aroma y frescura)	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Sabor (Equilibrio de sabores)	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Textura (Suavidad y esponjosidad)	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Aceptación Global (¿Le gusta el producto?)	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐

5. Por favor, pruebe la muestra identificada con el código correspondiente y marque el nivel de agrado que mejor represente su opinión, utilizando la siguiente escala: (1: Me disgusta mucho | 2: Me disgusta ligeramente | 3: Me disgusta | 4: Ni me gusta ni me disgusta | 5: Me gusta | 6: Me gusta ligeramente | 7: Me gusta mucho)

EL PRODUCTO ES 260 *

	1	2	3	4	5	6	7
Apariencia Visual (Color y aspecto)	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Olor / Aroma (Aroma y frescura)	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Sabor (Equilibrio de sabores)	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Textura (Suavidad y esponjosidad)	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Aceptación Global (¿Le gusta el producto?)	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐

6. Por favor, pruebe la muestra identificada con el código correspondiente y marque el nivel de agrado que mejor represente su opinión, utilizando la siguiente escala: (1: *Me disgusta mucho* | 2: *Me disgusta ligeramente* | 3: *Me disgusta* | 4: *Ni me gusta ni me disgusta* | 5: *Me gusta* | 6: *Me gusta ligeramente* | 7: *Me gusta mucho*)
EL PRODUCTO ES 380 *

	1	2	3	4	5	6	7
Apariencia Visual (Color y aspecto)	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Olor / Aroma (Aroma y frescura)	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Sabor (Equilibrio de sabores)	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Textura (Suavidad y esponjosidad)	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Aceptación Global (¿Le gusta el producto?)	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐

7. Observaciones / Sugerencias: *

Este contenido no está creado ni respaldado por Microsoft. Los datos que envíe se enviarán al propietario del formulario.

